CONTENTS OF NO. 31

(In Japanese with English summary except * in English)

KURITA, S.
Statistical investigations on fluctuations in catch of the yellow-tail, *Seriola quinqueradiata*, and related oceanographic conditions ..... (1)

*NASEEF, S.
Preliminary report on age determination by scales and growth of sardine in the Gulf of Suez ..... (131)

*HAYASHI, S.
Fishery biology of the Japanese anchovy, *Engraulis japonica* (HOUTTUYN) ..... (145)

*TAKANO, H.
Epiphytic diatoms upon Japanese agar sea-weeds ..... (269)

INO, T. and HARADA, K.
On the spawning of abalone in the vicinity of Ibaragi Prefecture ..... (275)

TABATA, K. and FUKAI, R.
Systematic studies on toxic components in industrial wastes with reference to the tolerance of aquatic lives—I.
Gas liquor from city gas works ..... (283)

TAKAYAMA, S. and KOYAMA, T.
Studies on trawl net—V.
A measuring device and a formula to obtain the opening breadth of wing nets ..... (289)

TAKAYAMA, S. and KOYAMA, T.
Studies on trawl net—VI.
Comparative efficiency between two types of the otter board with different ratios as to the length and the height ..... (297)

MURAYAMA, S. and YANASE, M.
The amounts of chemical constituents of eyed eggs of rainbow trout from various sources ..... (311)

HIGASHI, H., MURAYAMA, S. and YANASE, M.
Study on fish solubles—I.
Nutritive elements of fish solubles produced in Japan ..... (317)

Published Quarterly by

TOKAI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

TSUKISHIMA, CHUO-KU, TOKYO

JAPAN

本報告略号
—東 海 水 研 報—

Abbreviation of this bulletin
—Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.—

昭和 36 年 7 月 25 日 印 刷
昭和 36 年 7 月 30 日 発 行

発 行 所　水産庁東海区水産研究所
東京都中央区月島3号地

発 行 者　源 生 一 太 郎
東京都中央区月島3号地

印 刷 者　田 中 忠 雄
東京都中央区新富町3の6

印 刷 所　日本応用印刷株式会社
東京都中央区新富町3の6
電話 築地 (551) 7191～5

ブリの漁況と海況に関する統計的研究*

栗　田　　晋

目　　次

要　　約 …… 3
第 1 章　緒論およびブリの漁況 …… 6
1.1　はしがき …… 6
1.2　全国ブリ類の漁獲量の変動 …… 7
1.2.1　永年変動 …… 9
1.2.2　漁獲量その他の資料より見たブリの資源量の変動 …… 9
1.3　太平洋，日本海，東支那海各海域の漁況 …… 15
1.3.1　永年変動と海域間の相関 …… 15
1.3.2　月別漁獲量の変動 …… 16
1.4　主要各県の漁況 …… 17
1.4.1　漁獲量の永年変動 …… 18
1.4.2　各県間漁獲量の相関 …… 20
1.5　熊野灘主要定置漁場および相模湾二三漁場の漁況 …… 24
1.5.1　各定置網ブリ漁獲尾数の永年変動 …… 24
1.5.2　熊野灘定置漁場間の漁況の相関 …… 29
1.5.3　漁況の日々変動 …… 30
第 2 章　冬ブリの漁況に関係する海況 …… 31
2.1　熊野灘主要定置網漁場の海況 …… 31
2.1.1　各漁場海況の日々変動 …… 31
2.1.2　日々各層水温，塩素量，透明度の頻度分布と月平均値 …… 42
2.2　沿岸定地の海況の永年変動 …… 50
2.3　尾鷲湾および島勝漁場付近の水温と塩素量の水平分布 …… 50
2.3.1　尾鷲外湾 …… 54
2.3.2　島勝漁場付近（桂城湾西部） …… 56
第 3 章　熊野灘ブリ定置網の漁況と海況および気象との関係 …… 61
3.1　ブリ定置網漁場付近の海況と漁況 …… 61
3.1.1　漁場の水温と漁況 …… 62
3.1.1.1　漁場の各層水温値と漁況 …… 63
3.1.1.2　漁場水温の鉛直分布と漁況 …… 66
3.1.1.3　漁場付近の水温の水平分布と漁況 …… 69
3.1.1.4　漁場水温の時間的変動と漁況 …… 70
3.1.2　漁場の塩素量と漁況 …… 71
3.1.2.1　漁場の各層塩素量値と漁況 …… 71
3.1.2.2　漁場塩素量の鉛直分布と漁況 …… 74
3.1.2.3　漁場付近の塩素量の水平分布と漁況 …… 76

* 1961 年 5 月 27 日受理，東海区水産研究所業績　A第 152 号

3.1.3 漁場の透明度と漁況…… 76
3.1.3.1 漁場透明度値と漁況…… 76
3.1.3.2 漁場透明度の時間的変動と漁況…… 79
3.1.4 漁場海況要素の組合せと漁況…… 79
3.1.4.1 水温と塩素量の組合せと漁況…… 79
3.1.4.2 水温と透明度の組合せと漁況…… 82
3.1.4.3 塩素量と透明度の組合せと漁況…… 85
3.1.5 漁場における流動と漁況…… 86
3.1.5.1 漁場の流向と漁況…… 86
3.1.5.2 漁場の流速と漁況…… 87
3.2 一般海況および気象とブリ漁況に関する既往諸研究の総合…… 89
3.2.1 水温の高低と漁況…… 89
3.2.2 外海の海潮流と漁況…… 89
3.2.3 低気圧と漁況…… 90
3.2.4 低気圧と海況との関係…… 94
3.3 ブリ漁獲量の永年変動と海況・気象との関係…… 95
第 4 章 発電放水がブリの漁況に及ぼす影響の推定—ブリ漁場の海況と漁況との関係に基づいて……100
4.1 島勝ブリ定置網漁況に及ぼす宮川ダム放水の影響の推定……100
4.1.1 ダム放水による漁場海況の変化……101
4.1.1.1 水 温……103
4.1.1.2 塩 素 量……105
4.1.1.3 透 明 度……109
4.1.1.4 流 動……110
4.1.1.5 島勝漁場付近ブリ魚道の海況への影響……110
4.1.2 ダム放水による漁獲量減少率の推定……111
4.1.2.1 漁獲日数の減少率の計算法……112
4.1.2.2 漁獲尾数の減少率の計算法……114
4.1.2.3 島勝漁場における放水によるブリ漁獲尾数減少率推算の実際……114
4.2 尾鷲湾内ブリ定置網漁況に及ぼす熊野川水系ダム放水の影響の予察……116
4.2.1 ダム放水による尾鷲湾内ブリ定置網漁場海況の変化……116
4.2.2 熊野川水系ダム放水による漁獲量減少率の予察……117
文 献……120
Synopsis……125

要　　約

ブリ漁況の約 60 年にわたる変動を様々な角度から眺めてその性格と資源の動向を論じ，あわせて定置網の日々漁況を調べ（第1章），ブリの漁況に関連のありそうな海況についての資料を或る程度整理，図示した（第2章）。次にこれらの資料を用いて漁況と海況を空間的および時間的に対応させ，多くの対応を統計的に吟味することによつて，漁況と海況に関する法則を客観的に見出すことに努めた（第3章）。ここに得られた法則性は魚群の行動生態と環境に関する実験的研究を補うものと言える。最後に漁業に直接に役立つた応用研究の実例を述べた。それは三重県熊野灘において問題となつた発電用ダム放水がブリ定置網漁況に及ぼす影響を上述の法則性を基礎として研究し，解明した二例である（第4章）。

1.1)　漁況を論ずるに当つて漁獲量はすべて対数をとつた。対数をとる理論的根拠については記述を省略したが，ここに取扱つた結果からも是認されるであろう。対数をとることによつて漁況の法則性が明かになつたといえるものが少なくない。

1.2)　ブリ漁獲量の永年変動を全国，大海域別（太平洋，日本海，東支那海），主要県別（岩手，神奈川，三重，高知，富山，島根，長崎），冬ブリ定置網漁場別（熊野灘の九木一，二号，尾鷲，須賀利，島勝，長島，錦一号，阿曾一号，相模湾の岩江，米神，前川）に調べ，漁況変動の性格や，それぞれの間の相関を論じた。またこれらと漁獲努力量などの漁業に関する統計と標識放流に関する資料を総括することにより資源の動向を推測した。

1.3)　全国漁獲量は平均的に見れば 1894 年以降ほぼ着実に増加し，年増加率は平均約 1.8% である。

1.4)　全国，日本海，太平洋の漁況の永年変動には，1930 年以降で太陽黒点数と関連がある 11 年位の周期が認められる（図 1.2, 1.3）。太陽黒点の極大の約5年後に豊漁となつている。

1.5)　三重県の漁獲量の永年変動は同県のブリ定置網の着業統数のそれときわめてよく似た形を示している（図 1.5.1, 1.6.2）。これは統数の増減が漁獲量の減滅に影響する以上に，後述の各定置網の漁獲量に現われる来遊資源量の増減が着業統数に大きく影響したためと思われる。なお統数（漁獲強度の指数と見る）の増減がブリ資源の再生産を左右し　数年後の来遊資源量に逆に作用したと見ることもできる。

1.6)　熊野灘の8定置網の冬ブリ漁獲尾数は 1910 年以降でほとんど全部 18,9 年の周期を持つている（図 1.8.1～1.8.8）。相模湾の3定置網は統計の年数が短く確かでないが，これより 1, 2 年山や谷がずれている（図 1.9.1～1.9.3）。なお熊野灘の4主要漁場（九木一，二号，島勝，錦一号）を合せたブリ漁獲尾数（図 1.8.9）は永年の統計がそろつており，熊野灘への来遊資源量の指数として適当であるが（漁獲性能の向上を考慮する必要はある），明瞭に 18,9 年の周期を示す。

1.7)　全国的に見てブリ資源量は永年安定していたと思われるが，太平洋側で標識放流の再捕率（9 カ月以内のみで）が戦前で 0.21，戦後に 0.33 と大はばに増しているのに漁獲量がそれに伴つていないこと，熊野灘の各定置網で平均として漁獲性能が向上しているのに各網の漁獲量が増していないことから，太平洋側に関する限り戦後資源量が減少したように思われる。日本海側では漁獲量の上昇率が高いし，標識放流の再捕率が低いので資源はまだ余裕があるようである。

1.8)　太平洋と日本海でこのような差のあることと，標識放流の結果で両海域間の交流がきわめて少ないことを考え合せ，ブリ資源は両海域で別個の系統と見てよい。

2.1)　海況の資料として，熊野灘8漁場における 1957～1959 年，前年 12 月～5 月の日々（朝持）の 25 m 層水温，同塩素量，透明度の変動を年別漁場別に図示し（図 2.1.1.1～2.1.8.3），それらの出現頻度分布を深度別（表層，10 m 層，25 m 層），前半期後半期別に全8漁場で全年をまとめて見た（図 2.2.1～2.4.2）。また漁場別年別月別に深度別の水温，塩素量と透明度の平均値を表示した（表 2.2.1～2.4）。

2.2)　沿岸定地の表面水温と塩分の永年変動（大体 1918 年以降）を野島埼，大王埼，潮岬，屋久島，五島大瀬埼，禄剛埼について，年平均とブリの主漁期間平均によつて示した（図 2.5.1～2.5.4）。

2.3)　尾鷲湾において行なわれた 74 回にのぼる定点観測の結果より，水温と塩素量の水平分布の大部分

が4つの標準型に分類でき（図 2.8.1～2.9.4），4つの型のうち3つはブリの好漁を誘うものらしいことがわかつた（表 3.5）。また島勝漁場付近8定点の日々各層水温，塩素量の値を統計的に扱つて，冬ブリ漁期間の平均水平分布を推定し，沿岸水と外洋水の流動を論じた。

3.1) 漁況と海況の関係の研究に当つて意を用いたのは，まず調査資料に基づいて現象を統計的な吟味の下に客観的に見ること，したがつて条件が明かで時間的空間的に対応した漁況と海況の資料を組とし，このような組をできるだけ多く集めて統計的に取り扱うことである。次に海況について各要素をできるだけ総合的に見るように努めることである。

3.2) この研究は，時間的空間的にきわめて細かい定置漁場の日々海況と漁況の関係を求めるものと，数十年の漁況と広い範囲の平均的海況という時間的空間的に粗く取扱うものとに大別され，方法も異なるが，その中間的なものも若干ある。

3.3) 細かい方の研究では漁況としては100尾以上獲れた日数の出現率を各海況要素の値ごとに求め，出現率の統計的な大小でその環境（海況）の魚群の入網に好適な程度を判断した。100尾以上としたのは，100尾にも足りない場合では好漁の条件であるとは限らないからである。漁場によつて異なるが，100尾以上の日は有漁日数の2，3割に過ぎないのに，それのみで尾数は全漁獲尾数の9割以上を占めるのが普通である（表 3.1）。限度を100尾より多くとつた方が条件として一層確かであるが，そうすると限度以上の有漁日数が減つて統計的の検討にたえなくなるおそれがある。この研究結果は環境と魚類の行動生態に関する生物試験と対決しそれを補うべき生物学的知見でもある。なお海況としては現在値ばかりでなく，また鉛直分布，水平分布，2つの海況要素の組合せをも取り上げた。海況を総合的に見るためには2つより多くの海況要素の組合せをも取り扱いたいが，資料数がそれほど多くなくて果せなかつた。鉛直や水平の分布については分布の型をごく少数の類型に分け，その類型ごとに100尾以上の漁獲日の出現率を求めて比較した。

3.4) 各海況要素の値と漁況（100尾以上漁獲日出現率）との関係曲線を求めた結果（図 3.1.1～3.2.2, 3.4.1～3.4.2, 3.6.1～3.6.2, 3.10.2～3.11.2）によると，好漁の期待できる値の範囲は次表のとおりである。

海況要素	全漁期	前半	後半	備考
水温（表層）	14～17 °C	不明	14～17	
〃 （10 m 層）	14.5～17.5	不明	15～18	
〃 （25 m 層）	15～17.5	不明	15～18.5	
塩素量（表層）	不明			
〃 （10 m 層）	≥18.4‰	≥18.7	≥18.4	上限は不明
〃 （25 m 層）	≥18.8	≥18.9	≥18.8	上限は不明
透明度	4～23 m 一般に透明度が低いほど漁況がよいがその差異は大きくない。ただし尾鷲湾の3～5月と桂城湾の12～2月では透明度と漁況との関係が認められない。			
流速	≤13 m/min			

3.5) 鉛直分布についてはブリの遊泳層に近い10m層と25m層における海況値の大小のみの関係で3つに分類し，漁況との関係を求めた。好漁の順に並べると，

水温	$T_{10}<T_{25}$	$T_{10}\fallingdotseq T_{25}$	$T_{10}>T_{25}$
塩素量	$Cl_{10}<Cl_{25}$		$Cl_{10}>Cl_{25}$
	$Cl_{10}\fallingdotseq Cl_{25}$		

であつて，滲透圧が10m層より25m層に大きい方が好漁といえる。

3.6) 水平分布については2.3)において若干ふれたが，尾鷲湾において最も好漁が期待できるのはC型

(図 2.8.3, 2.9.3) である。これは湾の西北と西南部に向つて外洋水が入り込み，その中間に沿岸水が張り出している形で潮目が最も多い場合である。

3.7) 水温の日々の時間的変動と漁況との関係について水温の急昇（大急潮）で表現される外洋水の突込みが好漁をもたらすか否かを，1 日に 1° 以上の上昇の日について統計的に検討したが，相模湾におけるような関係は得られなかつた。熊野灘では大急潮の現象が明かでない。

3.8) 2 つの海況要素の組合せを二次元の平面上に表わし，100 尾以上の有漁領域の位置と形を調べた(図 3.7.1～3.9)。とくに生理的な意味の明かなものは水温—塩素量で他の水温—透明度，塩素量—透明度の意味は今後の研究問題である。水温と塩素量で定まるものに生理的に重要な滲透圧があつて，上述の有漁領域は滲透圧の下限が 10 m 層で 23.0, 25 m 層で 23.6 となり，上限は観側値の領域がそれを判定し得るほどになつていないため明かでないが，10 m 層で 24.5, 25 m 層で 24.4 は有漁領域に含まれていることが確かである。前に 3.4) で示したように，有漁の塩素量の下限が漁期の前半において高かつたのは，滲透圧を一定と見れば前半では水温が低いからであると考えられる。

3.9) 外海の一般海況および気象とブリ漁況に関する既往の諸研究を総合すると諸研究結果にかなり差異もある。水温は多くは高い方がよいが，低い方がよいという意見もある。海潮流についてほとんど一致しているのは外海から岸に寄せるとブリ群を圧迫して入網を誘うという意見である。低気圧について筆者の統計的吟味をも加えた結果では，その径路と強さによつて好漁を誘うものが限定されるようである。弱いものは無関係と思われる。また低気圧の接近日の前後では，後の 1 日～3 日の方が前よりよいことが多い。

3.10) 熊野灘への来遊資源量の 18,9 年周期の永年変動は沿岸各定地海況とは関係が認められない。ただし 18,9 年の長周期変動からのずれである短期変動は水温や塩素量の漁期間における大王埼と潮岬間の平均傾度と関係があつて傾度が大きい方が来遊量が少ないらしい（図 3.16)。しかし範囲を拡げて野島埼と潮岬間では（40 年間）ほとんど関係が見られない（図 3.17.1～3.17.2)。

3.11) 熊野灘への来遊資源量の 18,9 年周期（図 1.8.9) の要因はよく判らないが，日月食のサロス周期と同じであり，しかも 1917, 1935, 1953 年という数の極大の年も一致していることは，日月食が潮汐とも関係があることを考え合せ，偶然かも知れないが興味がある。そしてこのような天文的要因が是認されるならば，18,9 年周期は他の海区にもありそうである。

4.1) 冬ブリ定置漁場に近いところに発電用の淡水が多量に放出される時の，ブリの漁獲量に及ぼす影響を前記の漁場海況と漁況との関係法則を基礎として研究した。一つは熊野灘中部の桂城湾奥に宮川ダムより放水されて，約 6 km 離れた島勝漁場の漁況が受けた影響について漁獲尾数減少率を推定したもの，他は同じく尾鷲湾奥に熊野川水系ダムより放水する予定で，九木一号と尾鷲漁場の漁況の受ける影響を予察したものである（図 1.7)。

4.2) 種々の海況要素のうちとくに放水によつて影響され易く，しかもその影響が明かに漁況と関係を有するものは塩素量で，深度がブリ遊泳層に近い中層（ここでは 10 m と 25 m 層）のそれであることがわかつた（図 4.3.1～4.3.2)。島勝の場合には放水によつて漁場塩素量の受ける影響を日々の観測資料より日ごと月ごとに統計的に推定し，放水の有無による塩素量の頻度分布の差から限界塩素量以上の有漁日数の差を求め，漁獲日数減少率を計算する方式を立てた（図 4.7)。限界塩素量は 10 m 層で 18.3～18.5‰, 25 m 層で 18.8‰ とした。次に月々の漁獲尾数減少率と漁期間のそれを計算した。結果を総合して，1958 年 12 月～1959 年 5 月の実際の放水量に対し，7～15% の尾数減少率と推定した（表 4.5)。これは実際に漁業補償額算定の基準となつた数字である。

4.3) 尾鷲湾の場合は放水前であるため塩素量の受ける影響の予察の方法（坂本）は異なる。漁況の予察の方法は島勝の場合と同じであるが，予察であつて資料が少ないため信頼度は低く，平均 10 m^3/sec の放水に対して九木一号は 10% 以下の漁獲日数減少率であり，尾鷲漁場はこの程度の放水ではほとんど影響を受けないものと予察した（表 4.6)。

4.4) 漁業の現実の問題に対処したこれらの研究の結果は，今後さらに漁況の変動を追跡，照合し，海況の調査をあわせ行なつてその法則性を検証することにより，学術進歩の礎石としたいものである。

第1章 緒論およびブリの漁況

1.1 はしがき

近年，三重および奈良両県境付近の数カ所に発電用ダムを建設し，多量の淡水を熊野灘中部沿岸に放出する計画が相ついで立てられた（尾鷲湾および桂城湾）。そのため付近の漁業とくにブリ定置網の漁況に対する影響が問題となり，それぞれのグループによつて総合的な調査研究が行なわれた。これらのグループは何れも関係各専門分野の研究者によつて構成され，その成果は別個に或いは報告書として（桂城湾関係，尾鷲湾関係），或いは論文集として（尾鷲湾関係）すでに発表された。このように各機関，各方面の専門家の細密な調査研究を結集し総合した例は少なく，その成果は何れも貴重な文献と考えられる。筆者はこの双方に関与し，主として漁況に関する研究を行ない海況と結びつけることによつて，放水によるブリ漁獲量減少率の推定または判定を行なうことができた。

かくの如く漁場を含む環境の人為的な変化によつて漁況の受ける影響率を科学的に推定することは，近年続発している水質汚濁と漁業との問題を解決するために肝要とされているにもかかわらず，今までほとんど手をつけられていなかつたといつてよい。したがつて上述の筆者の研究結果を詳細に発表し，批判を仰ぐことは学術上のみならず，今後起るこのような社会経済的問題を正しく解決するために有意義であろう。本論文発表の目的の一つはここにある。

一般に漁況は変動の大きいものであり，関与する要因も多いので，漁況に関して信頼性の高い結論を得るためには重要な各要因について分析可能なように基礎的な研究を行なうことが必要である。放水によつてブリ漁況の受ける影響を推定するという応用的研究を逐行した根底にも，いろいろな専門分野の基礎的研究が横たわつていることはいうまでもない。筆者が主として取扱つた生物統計的な研究の範囲でも，諸海況要素とブリ漁況との関係に関するものやその背景となるブリの漁況変動や資源の動向をさまざまな規模で見る研究が前提となつているが，上述既発表の諸報告ではこれらについて概略にとどめるか，または全く記述を省いている。これら基礎的研究とそれに関連した若干のものは，資源研究その他の基礎としても意義があり，産業上にも無益でないものと考えられるので，これらもあわせて系統的にまとめて報告することにした。本論文の内容は表題の示すとおりむしろこのような基礎的研究に多くの頁を費している。これも本論文の目的の一つである。

海況（環境）と漁況（魚群の行動）との関係について実験によらず現場の調査資料から法則を見出すためには，どのような環境の下で，どのような行動を魚群がとつたかという対応した資料が，さまざまな時と所で魚のいろいろな成長段階について集められ，統計的に整理検討されねばなるまい。ところが海中にある魚群の観測は困難であり，魚群の直接の追跡はまだ不可能であり，常時魚群に接する漁業者の観察は断片的である。また海況の観測を，魚群の行動と関連づけるほど空間的時間的に精しく行なうにはいまのところ多大の経費労力を伴う。そのため多くの研究者は魚群の行動を各地の漁獲物によつて推測し，月に1回または2月に1回という海洋観測資料と，それを含む期間の漁獲量をつき合せ数年間でまとめることによつて仮説を打ち立てることで満足せざるを得なかつた。そして漁場別の漁獲統計が細かく得られて魚群の行動に関する知見が増したとしても，それに対応すべき漁場海況の資料が得られないことが多かつたのである。ところがブリ定置網の場合には，日々の漁獲量も漁獲の場所も明かでそこでの日々の海況も観測された例がかなりある。このような利点があることが，いままで海況と漁況の関係についての研究がブリにとくに多かつた理由であろう。

漁況変動の研究にしても，資源の動向を洞察するのに役立つことはもちろんであるが，ブリは大部分が定置網で獲られ，ブリ定置網は魚群の来遊を待つという消極的漁法の代表であるから，その漁況変動自体が他の運用漁業と異なつた特徴を示すであろう。ブリ漁況変動研究の意義はここにも見出される。

定置網漁業は沿岸漁業の大宗であるといわれ，その漁獲物のうち最も重要なものはブリであつて，ブリ漁況の変動は沿岸漁業者に少なからぬ影響を及ぼす。また海況とブリ漁況との研究は漁況の予測を可能ならし

め，ブリ漁業の生産性向上に寄与する目的を一面に持つている。本論文が学術上のみならず，産業にも益するところあらば幸いである。

なお一言して置きたいのは，筆者のここに得た法則性なるものも，また漁獲量減少率の数字も客観性に留意し，統計的の吟味を怠らなかつたとはいえ，資料の制約もあつて厳密にはまだ多くは学説の域を脱し得ないということである。今後さらに漁況の追跡と海況の調査を続けまた生物実験と対比することによつて，その法則性を検証したいものである。

本文に入るに先だち，本論文の取りまとめを慫慂せられ，有益な教示と鞭撻を忝うした東京水産大学名誉教授田内森三郎博士ならびに有益な論議を頂き発表について配慮を煩わした東海区水産研究所源生一太郎所長に深く感謝する。

また京都大学教授川上太左英博士は取りまとめに当り校閲された上貴重な論議を寄せられ，三重県水産試験場尾鷲分場長高芝一男氏は漁獲統計その他貴重な資料を提供された上に有益な教示を与えられ，同本場技師藤井一朗氏は漁場観測資料の整備に努力され，東海区水産研究所海況科長渡辺信雄技官，同所野村正恒技官，同森敬四郎技官，東北海区水産研究所長木村喜之助博士，東京水産大学教授吉原友吉博士，近畿大学助教授三谷文夫氏，小田原市山田又市氏は文献資料収集に便宜を与えられた上懇篤な論議を頂き，東海区水産研究所資源部長中井甚二郎技官，同所漁具科長宮崎千博博士，同所平野敏行技官，三重県立大学講師坂本市太郎氏，東京水産大学教授宇田道隆博士，東京大学教授松江吉行博士，その他尾鷲湾放水影響調査団員各位ならびに東海区水産研究所土井長之技官，同田中昌一博士，同鉄健司博士には貴重な論議と教示を頂いた。ここに記して深く謝意を表する次第である。また東海区水産研究所茂木雅子技官には計算，図表作成その他に終始多大の協力を受け，同技官あればこその感が深い。特記して謝意を表する。なおインド駐在の前東海区水産研究所漁具科長宮本秀明博士は各定置網漁場の海洋観測資料整備を計画され，三重県の各定置網漁場の各位は日々の観測に尊い努力を続けられた。本研究はこれらの方々の精進による資料を得て初めて成つたことを痛感し，ここに心から謝意を表するものである。また東海区水産研究所の石田昌夫事務官には印刷と英文原稿作成に際して御助力を頂き，三重県の旧電気局，水産試験場，水産課の各位にもこの研究に当つて種々お世話になつた。ここに感謝する次第である。最後に，この研究がなるについてはこの外にも多くの人々の厚意と努力が預つて力あることを感銘し，忘れられないことを特記する。

1.2 全国ブリ類の漁獲量の変動

漁況変動の資料はいろいろな推測に役立つ。漁獲努力量と組合せて来遊資源量の推定ができるし，各地のそれを比較すれば或る程度回遊の模様を想像させる。また変動の周期性から漁況の予測もできるし，海況の変動と対応させて法則性を見出す可能性もある。ブリに関してもまずこの問題を初めに取り上げたわけである。

ここでブリの漁況変動の性格を調べるのに，順序として永年変動をまず見るが，ところによつてブリ群の系統や漁獲努力量の変動が異なるかも知れないので，調べる区域をいろいろな規模にとることにする。大から小へと，全国，大海域，県，各定置網漁場の順である。

まず農林統計によつて全国ブリ類の年々の漁獲量を見よう。ここに言うブリ類とはブリ (*Seriola quinqueradiata* T. & S.) の外，ヒラマサ (*Seriola aureovittata* T. & S.) とカンパチ (*Seriola purpurascens* T. & S.) を合せたものであるが，後の二種は漁獲量がきわめて少ないので，変動を見る上では無視しても差支えない。

ブリを獲る漁具は昔から多種多様であるが，最近7年間の漁業種類別漁獲量の千分率を農林省統計調査部資料によつて計算し，全国，各海域，海区にわけて見ると（表 1.1）やはり定置網によるものが最も多く，比率は次第に減りつつあると言うものの全国で6割を越している。これに次ぐのが2割を越す釣・延縄で，その他はごく少ない。ただしまき網の最近の増加が著しいことは注目すべきである。これらの割合は海域や海区によつて大きな差異がある。海区で見ると定置網の割合が多いのは太平洋北区と日本海北区であり，釣・

表 1.1 ブリ類漁獲量の漁業種類別千分率 （農林省統計調査部資料による）漁獲量単位トン

全国

漁具＼年次	昭和28	29	30	31	32	33	34
まき網	46	10	30	40	81	110	98
刺網	6	9	14	19	35	36	36
釣・延縄	195	204	163	201	226	215	208
定置網	736	763	778	727	645	622	640
地曳・船曳	14	13	12	9	9	10	8
その他	1	0	2	3	4	7	10
漁獲量t	48,563	46,380	46,084	42,818	42,056	43,142	46,775

太平洋北区

漁具＼年次	昭和28	29	30	31	32	33	34
まき網	42	9	22	49	145	162	51
刺網	18	14	28	11	26	89	44
釣・延縄	94	70	45	75	89	74	68
定置網	844	904	900	862	834	664	836
地曳・船曳	1	1	1	0	0	0	0
その他	0	0	0	0	1	0	0
漁獲量t	6,589	7,954	5,719	4,901	4,800	4,382	7,369

日本海北区

漁具＼年次	昭和28	29	30	31	32	33	34
まき網	6	21	24	16	30	35	35
刺網	1	3	1	1	4	4	4
釣・延縄	143	64	105	89	80	88	136
定置網	798	851	834	860	868	852	795
地曳・船曳	44	51	30	16	14	7	11
その他	6	0	1	3	13	1	12
漁獲量t	6,510	4,106	5,558	6,221	5,768	6,680	6,166

太平洋全区

漁具＼年次	昭和28	29	30	31	32	33	34
まき網	80	12	43	65	150	199	157
刺網	8	6	9	9	17	27	22
釣・延縄	132	118	87	128	127	136	131
定置網	774	859	850	792	692	623	682
地曳・船曳	4	2	6	2	6	12	5
その他	1	0	2	1	2	1	1
漁獲量t	25,692	27,105	23,172	20,392	18,128	19,967	22,176

太平洋中区

漁具＼年次	昭和28	29	30	31	32	33	34
まき網	140	16	68	122	197	251	268
刺網	5	3	3	11	16	10	13
釣・延縄	178	105	100	156	118	145	156
定置網	671	873	815	702	656	576	556
地曳・船曳	3	2	8	2	6	16	5
その他	1	0	3	1	3	1	1
漁獲量t	12,754	14,036	12,578	8,921	10,260	13,019	11,586

日本海西区

漁具＼年次	昭和28	29	30	31	32	33	34
まき網	13	4	12	30	49	74	84
刺網	11	36	46	69	105	135	87
釣・延縄	211	223	222	238	275	295	251
定置網	735	699	692	640	553	470	538
地曳・船曳	25	32	19	18	8	5	4
その他	1	0	4	1	7	20	35
漁獲量t	5,899	5,250	6,953	7,268	9,656	6,255	9,466

日本海全区

漁具＼年次	昭和28	29	30	31	32	33	34
まき網	9	11	17	24	42	54	65
刺網	6	22	26	38	67	68	45
釣・延縄	175	153	170	170	202	188	205
定置網	768	766	755	740	670	668	642
地曳・船曳	35	40	24	17	10	6	7
その他	4	0	3	7	5	15	26
漁獲量t	12,409	9,356	12,511	13,489	15,424	12,935	15,632

太平洋南区

漁具＼年次	昭和28	29	30	31	32	33	34
まき網	0	5	1	0	2	0	2
刺網	3	2	2	3	7	4	5
釣・延縄	79	232	105	129	219	194	188
定置網	905	750	881	861	741	786	781
地曳・船曳	8	6	8	3	16	12	19
その他	2	1	0	1	2	2	4
漁獲量t	6,349	5,115	4,875	6,570	3,068	2,566	3,221

東支那海区

漁具＼年次	昭和28	29	30	31	32	33	34
まき網	1	1	1	1	3	3	5
刺網	2	1	8	12	14	17	37
釣・延縄	386	483	382	434	513	453	428
定置網	602	508	599	542	458	506	510
地曳・船曳	7	3	7	6	9	12	12
その他	1	1	1	0	1	8	6
漁獲量t	7,241	8,018	7,305	7,286	7,009	8,620	7,223

延縄の多いのは東支那海区と日本海西区，まき網の多いのは太平洋中区というようにそれぞれ特徴がある。もつともこれは割合で，漁獲量から見れば定置網によるそれの最も多いのは太平洋中区であり，同北区がこれに次いでいる。以上の事情を考えに入れた上で，次にブリ漁獲量の永年変動を眺めることにしよう。

1.2.1 永年変動

図 1.1 は明治 27 年以降昭和 35 年まで 67 年間の全国ブリ類の漁獲量の永年変動を示す。年々の変動はかなり大きいが，永年の傾向としては着実に増加の一途を辿つている。年々の変動が大きいのは大部分が定置網で獲られ，魚群の来遊，入網を待つものであり，来遊と入網の良否は海洋や気象の状態に支配されることがとくに多いからであろう。このように変動は大きくても永年の傾向が着実な増加を示すことはブリの資源量が，近頃は少し問題があるがそれまでずつと安定していた証拠でもある。この点他の重要魚種には例が少ない。さて図 1.1 では年々の変動があまり大きくて増加の一途という以上の傾向はつかみ難い。そこで図 1.2 のように漁獲量の対数をとつて見ると，点のばらつきの模様が漁獲量の大小にかかわりなく同じようになる。そして増加の大勢がこの図で直線的になつているので，年数に対する回帰直線を当てはめたところ，増加の割合は毎年 1.8% となつた。また各点が数年ずつ比較的にまとまつて周期的に直線を上下しているように見え，近年はその周期が 8,9 年とも思われる。しかし，全国の漁獲量のような関与する要因の多いものについては，この程度の資料でくわしく周期性を論ずるわけには行かないであろう。

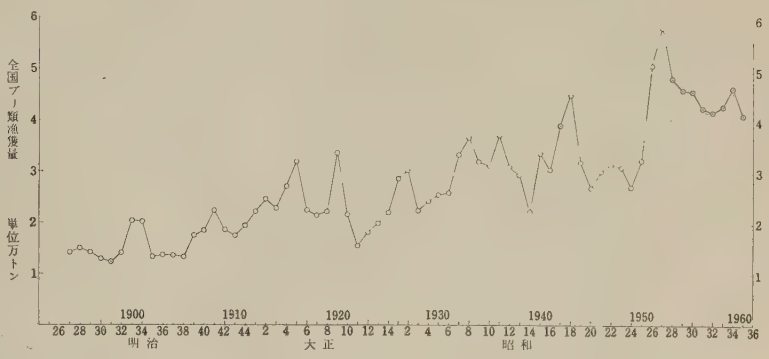


図 1.1　全国ブリ類漁獲量の永年変動—1（農林統計に基づく）
1945 年は推定値

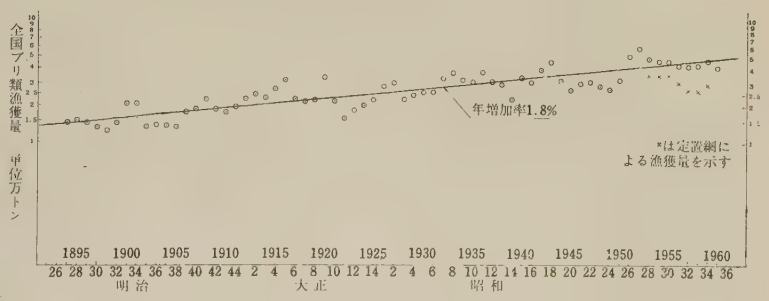


図 1.2　全国ブリ類漁獲量の永年変動—2（農林統計に基づく）

宇田 (1937b) は黒点数の極大極小の中間に大漁年が現われているとしているから，全国漁獲量の周期が黒点数のそれの半分の 5,6 年ということになるが，図 1.2 を見るとそのように見ることは少々無理のようである。

1.2.2 漁獲量その他の資料より見たブリの資源量の変動

漁場に来遊したブリの資源量の消長を全国でまとめて知りたいが，前節のような漁獲量の変動のみからでは難しい（栗田，1960b）。言うまでもなく，漁獲量は資源量に人為的な漁獲力が加わつた結果であるから，漁獲力の強さ——漁獲強度をも考慮せねばならない。漁獲強度は漁具の数，操業日数や回数などの漁獲努力量や，漁具の規模，構成，漁法，定置網ならば張立ての良否などの漁獲性能や，また魚群の集散の模様などの獲り易さにも関係するので，漁獲強度の正しい評価にはこれらに関する資料について研究を要する。ところがブリ類について全国的に見た時，これらの資料はきわめて乏しい。漁具数として昔の資料で操業の免許

を受けた定置網数が時々わかつており，最近の数年間にその着業統数が調べられているのと，ブリを獲る主な定置網の構成などの変遷が知られている程度である。表 1.2 と 1.3 は漁具数の資料である。着業数は免許数より少ないし，表 1.2 と 1.3 とでは漁具種類も同じではないから，この両表の数字をそのまま比べるわけには行かない。大正中期までは著しく増しているがその後昭和 10 年頃までは網の数はあまり変つていな

表 1.2　ブリ大敷・大謀・落網漁業免許数（定置漁業界 4, 33, 36, 37 号による）

海域＼年・漁具	明治 40 年 (1907)				大正 5 年 (1916)				大正 9 年 (1920)				大正 13 年 (1924)			
	大敷	大謀	落	小計	大敷	大謀	落	小計	大敷	大謀	落	小計	大敷	大謀	落	小計
太平洋	32	1		33	93	73		166					76	162	7	245
日本海	31		1	32	77	10	1	88					51	49		100
東支那海	31			31	75	9		84					60	30		90
その他		17		17		19		19					2	16	82	100
計	94	18	1	113	245	111	1	357	236	212	54	502	189	257	89	535

海域＼年・漁具	昭和 5 年 (1930)				昭和 11 年 (1936)			
	大敷	大謀	落	小計	大敷	大謀	落	小計
太平洋	56	167	56	279	37	99	162	298
日本海	25	55	1	81	14	72	47	133
東支那海	36	53	4	93	11	23	43	77
その他		8	64	72		3	37	40
計	117	283	125	525	62	197	289	548

表 1.3　ブリ・マグロ定置網着業統数
（農林省統計調査部資料による）

海域＼年	昭和31年	32	33	34
太平洋	209	247	249	226
日本海	139	125	134	147
東支那海	56	47	40	47
その他	21	19	21	23
計	425	438	444	443

いらしいし，また最近の数年間もあまり数に変化がないらしいという程度のことが言える。

次に網の漁獲性能であるが，ブリ定置網の構造が次第に改良され，能率が向上していることは確かである。明治時代には大敷網であつたものが，明治末年に考案された大謀網が数年のうちに全国に普及し，さらに大正の後半には落し網が現われて間もなく普及し，どんどん増加して行つた（宮本，1944；三重水試尾鷲分場，1955；奥，1960）。近年に至つては，ここ 10 年ほどの間に二重落し網が併設されるなどの構成上の改良（堀内，1956；広岡，1958；米沢，1958）に加えて，合成繊維の使用によつて網成りがよくなる（たとえば岡林，1958）など，漁獲性能に著しい向上の跡を見せている。というわけでブリに対する漁獲強度が増加の一途を辿つていたことは推察できるが，それを数値として表わした研究はなく漁獲量の増加と漁獲強度の増加とを比較することができない。ただ漁獲強度が永年増加を続けたのに対して漁獲量も増加して来た事実から，獲り過ぎは一応なかつたものと言つてよいであろう。ただし最近のところはいささか問題である。大洋漁業KK経営による全国 48 カ統の定置網では全国的傾向として，昭和 30 年以後ブリ漁況が下降線を辿つているという（島津，1960）。図 1.2 を見ると第二次大戦後数年は漁獲量が引続いて低いけれど，当時は食糧の統制時代で申告がかなり少ない方に偏つたものと思われるので，実際の漁獲量はずつと多くて回帰直線より上にあつたのではあるまいか。そうすれば最近の 7, 8 年間には漁獲量が横這いであつたことになるし，そのうちの定置網の分はむしろ下向きの傾向さえ見られる。この間には定置網には前記のような著しい改良が行われつつあつたので，漁獲量が漁獲強度の増大に伴つていないと言うべく，来遊資源量の減少が懸念される。

漁獲強度を推定する有力な方法に標識放流試験がある。よく知られているとおりそれが効果を発揮するた

表 1.4.1 ブリ標識放流結果一覧表（太平洋側，昭和 2—13 年）

戦　前

丸川・神谷 (1930)，木村 (1937a)，松下・伊東 (1952) の資料より整理

放流				再捕（区域および尾数，経過日数別）　左—短期(90日以内) 中—中間期(91～270日) 右—長期(271日以上)　下は計														
区域	年	月	尾数	岩手県	宮城県	福島県	茨城県	千葉県	相模湾	駿河湾	熊野灘	紀伊水道南部	土佐湾	日向灘	鹿児島県西部	その他	計
茨城県	11	8	2														
千葉県	7	6	54				1, 1 2	4, 1 5									5, 1, 1 7
相模湾	2 4～7	8, 9 2, 3, 6	165) 126)	1, 3 4		1, 1 2		1 1	32 1 33	9, 1 10	12, 10 22	2 2	1, 1 2			(長崎) 1 1	57, 4, 16 77
駿河湾	6	3	10							1 1	1 1						2 2
熊野灘	3～8	3, 4, 5	372	1 1	3, 1 4		1 1		1, 6 7	3 3	59, 2, 54 115	8, 7 15	1, 5 6			(遠州灘) 1 1	69, 7, 77 153
紀伊水道西部	3, 4, 7	1, 2, 3, 4	74						1 1		2 2	15 15	15, 1 16	2, 1 3	1, 1 2	(山口) 1 1	34, 0, 6 40
土佐湾	4, 7	3, 4	35									1 1	13 13				14 14
日向灘	4～13	3,4,11,12	153										3 3	8, 5 13	6, 1 7		17, 1, 5 23
計			991	1, 4, 0 5	0, 3, 1 4	1, 1, 0 2	1, 1, 1 3	5, 1, 0 6	34, 0, 7 41	10, 0, 4 14	72, 2, 66 140	24, 0, 9 33	33, 0, 7 40	10, 0, 6 16	7, 1, 1 9	0, 0, 3 3	198,13,105 316

表 1.4.2 ブリ標識放流結果一覧表（太平洋側，昭和 32—34 年）

戦後　　森（1958，1960）の資料より整理

放流				再捕（区域および尾数，月別）												
区域（県）	年	月	尾数	岩手	福島	茨城	千葉	神奈川	静岡	三重	和歌山	徳島	高知	宮崎	その他	計
岩手	34	10	30													
福島	34	7	30			1										1
千葉	34	5	10													
神奈川	32	3	23					13	5	1						19
〃	33, 34	4	40		1*		6	3	4							14
静岡	33, 34	3	54					9		12						21
〃	33, 34	4	74					6	7	5						18
〃	34	5	10						2							2
三重	33	1	2													
〃	32, 34	2	35							8	4	8		2		22
〃	32～34	3	46					1**		16	4	2	5			28
〃	32, 34	4	41						2	6	2					10
和歌山	33	3	3										1			1
〃	33	4	2													
高知	33	4	3													
〃	34	5	10										1			1
宮崎	34	4	2													
計			415		1	1	6	32	20	48	10	10	7	2		137

註 1. * 経過日数最大，126 日
** 93 日
他は全部 90 日以内

2. 魚体はほとんど 7 kg 以上

表 1.4.3 ブリ標識放流結果一覧表（日本海と東支那海側，大正年間および昭和 2—15 年）

戦前　　丸川・神谷 (1930)，木村 (1937a, b)，松下・伊東 (1952) の資料より整理

放流 区域	放流 年	放流 月	放流 尾数	再捕（区域および尾数，経過日数別）左—短期（90日以内）中—中間期（91～170），右—長期（271日以上）下は計 新潟県	富山湾	石川県西部	若狭湾	兵庫県	鳥取県	島根県	山口県	朝鮮	福岡県	佐賀県	長崎県	鹿児島県西部	計
秋田県	2	?	—				1 1										0, 0, 1 1
新潟県	6～9	12, 1, 2	59	1, 1 2	1 1		1 1										2, 0, 2 4
富山湾	富山県 大正年間	5～8 11, 12 6	46 101	1	38, 6, 1	1	2, 2			3, 2	2, 1	1	1		2, 3	1	40, 15, 12
	石川県	2, 5, 7, 9 12	66	1	45	1	4			5	3	1	1		5	1	67
石川県西部	大正 昭	12 12	129 10			4, 1 5	7, 1 8	1 1	1 1	2 2	1 1						4, 9, 5 18
若狭湾	大正 2～4	13, 14 8 6, 7	82 105			1 1	21, 3, 2 26	1 1	1 1	1, 1 2	1 1		†1 1				22, 5, 6 33
島根県	6, 7	5, 8, 10, 12	58							6 6		1 1					0, 0, 7 7
山口県	11	5	96							3, 1, 1 5	13, 3 16						16, 4, 1 21
朝鮮	3, 5	5, 8, 10	121							1 1		9, 1, 1 11			2, 1 3		9, 4, 2 15
福岡県	4～13	10, 11, 12	503								4, 2 6	1 1	36, 5, 71 112	1 1	1, 4, 8 13	2 2	37, 14, 84 135
			*45														
長崎県	5～10	4, 5, 10 11, 12	451								1 1	1 1	1, 3 4	1 1	27, 13, 17 57	3, 9 12	27, 19, 30 76
鹿児島県西部	3～7 11	6, 10, 11 4, 5	35													10, 2, 4 16	10, 2, 4 16
計			1,862	1, 1, 1 3	39, 6, 1 46	5, 2, 0 7	23, 10, 7 40	0, 1, 1 2	0, 0, 2 2	3, 6, 12 21	13, 11, 4 28	9, 3, 3 15	36, 6, 76 118	0, 0, 2 2	28, 21, 29 78	10, 5, 16 31	167, 72, 154 393

* 福島 10 年 12 月，長崎 10 年 12 月の放流尾数合せて 45 尾。

† 最長再捕日数（1,764 日）のもの。

表 1.4.4 ブリ標識放流結果一覧表（日本海および東支那海側，昭和 30, 31, 32, 34 年）

戦後　　永田（1959），森（1960）の資料より整理

放流				再捕（区域および尾数，月別）上段左—短期（90 日以内），中—中期（91—270 日											
区域	年	月	尾数	新潟	富山	石川	石川県西部	福井	京都	兵庫	島根（沿岸）	隠岐島	山口	長崎	計
北海道	34	7	30												
秋田	32	8	46												
〃	32	9	40												
新潟	32, 33	1	135	7 7		1 1									8 8
〃	31	12	7												
富山	32	1	110												
〃	30	11	140		9 9										9 9
〃	31, 32	12	115		1 大 1										1 1
石川	32	12	45		1 大 1	3 大 3			1 大 1						5 5
〃（西側）	32	7	170				2 2								2 2
福井	30, 31	7	65												
〃	30, 31	8	103					12, 1 13	2 2						12, 3 15
〃	30	12	42					1 1							1 1
京都	32	5	136												
〃	32	6	7												
〃	30	9	109												
〃	30	10	42						1 1						1 1
〃	31	12	208						3 3		1* 1	1 1			3, 2 5
兵庫	32	4	300												
〃	30	11	298						2 2	1 1					3 3
隠岐島	32	6	155									2 2			2 2
山口	32, 34	4	58								2 中 2		4 中 4	1 1	7 7
〃	31	5	29										4 中 4		4 4
長崎	34	4	12											2 2	2 2
〃	34	5	53											2 2	2 2
計			2,455	7	11	4	2	14	9	1	3	3	8	5	62, 5 67

* 最大経過日数を示したもの（154 日）　　大 >7.5 kg,　中 3.7–7.4 kg

めにはいろいろ技術的に問題があるが，ブリは最も成功の可能性を持つ魚種であつて，事実再捕された尾数も非常に多く貴重な知見を提供している。再捕率が，計算の方法にはいろいろ工夫が要るが，とにかく漁獲強度に比例するからである。もつとも年々で漁獲強度を推定するには尾数が少な過ぎるが，何年間かをまとめるとかなり信頼できる数字となる。わが国で実施された結果を，海域は太平洋側と日本海側（東支那海側を含む）の2通り，時期は戦前と戦後の2通りにわけて，諸文献資料をもとにして放流，再捕の尾数を，県別または地域別，経過日数別，放流月別（戦後のみ）に整理したものが表 1.4.1～1.4.4 である。これらの表から論ずべき問題は甚だ多いが，それは他日にゆずり本稿では漁獲強度を大まかに推定するにとどめる。表 1.4.1 と 1.4.2 によれば太平洋側では戦前（ほぼ昭和 2～15 年）と戦後（昭和 32～34 年）でブリが 9 カ月以内に再捕された尾数の放流尾数に対する比率はそれぞれ (198+13)/991, 0.21 と (135+2)/415, 0.33 である。これらの時期に対応する太平洋の平均漁獲量は戦前にほぼ 1.6 万トン，戦後に 2.0 万トンであつて，再捕率から見た漁獲強度の増加に及ばない。これは太平洋岸で戦後のブリの来遊資源量が戦前より減つていることの一つの証拠と言える。太平洋では大型ブリが多いのに対して日本海では小型のものが多いので（木村，1937c；相川，1938；田内，1940；宮本・野村・野沢，1954；東田・南沢，1956；永田，1959a, b；三谷，1959b；沢田・石津・田中・吉川，1960 など），太平洋とは別の取扱いが必要であるが，これらの表の資料のみでも再捕率が戦前戦後ともに太平洋よりはるかに小さいことから，漁獲強度が比較的小さいように思われる。

1.3　太平洋，日本海，東支那海各海域の漁況

表 1.1 に見られるようなブリ漁業の種類の構成や表 1.4 の標識放流結果からわかるように太平洋側と日本海側とでは交流がきわめて少ないこと，ブリの主産卵場が九州西部南部海区らしいこと（木村，1952；石津，1956；道津・庄島・竹下，1957；内田・道津・水戸・中原，1958；三谷，1958c, d, e；1959a）などから，太平洋のものと日本海側のものとは一応別個の系統とし，東支那海区のものには産卵群が集るものと考えて漁獲量の永年変動を見るのに，太平洋，日本海，東支那海の3海域にわけて見ることにする。

ブリの系統をどのように分けるか，或いは全国一つと見るべきかは難しい問題で，相川（1938），木村（1952）は太平洋と日本海とは別，田内（1940）は全国一つ，と見たが，確証はない。松下（1953）は一応分けないで取扱つている。さらに木村（1936c，1937a）は太平洋で潮岬を境にした二系統の存在を推定している。筆者は田内や松下の立場にも惹かれるが，ブリの大回遊に疑問を持つ市島（1925）や三重水試（1935）の所論を一概に否定し切れない。というのは大回遊を認めているが，別に根付のブリが各地にいることは漁業者の一致して述べるところであるからである。

1.3.1　永年変動と海域間の相関

図 1.2 と同じく対数をとつてみたのが図 1.3 である。北海道と瀬戸内海は漁獲量が少なくて両方を合せても全国の 3% 位にしかならないので省いた。一般に年々の変動は海域で分けると当然のことではあるが全国でまとめた場合より大きい。また，全国の場合のように直線を当てはめるのが少々無理なことも判る。そこで傾向を見るために 5 カ年ずつの移動平均をとつた。図で線でつないだのがそれである。この場合の平均は毎年の漁獲量の対数について計算したので，漁獲量の幾何平均に相当する。なおこの図には網型の改善されたおよその時期をも示した。

この3つの平均曲線をくらべると，東支那海のみはとくに変動がゆるやかで，長い周期（30 余年）があるようである。太平洋と日本海の両海域では昭和の初め頃までは増と減とが逆に対応しているのに，昭和 15，6 年頃から以後は変動の傾向が両海域ほとんど同じで，2 年ほど太平洋が遅れていることは面白い。日本海は小型魚が多く，太平洋は大型ブリが多いことに関係があるかも知れない。長年の増減の傾向は簡単には言えないが，近年 30 年ほどでは，日本海は増加の傾向が著しく，太平洋では増加の程度がこれに劣るが，東支那海ではむしろやや減少の傾向さえ見られる。前の 1.2.2 で来遊資源量が戦後に太平洋では減少の傾向にあるらしいと推定したが，海域別の漁獲量の変動と標識放流の再捕率の低い点から見ると日本海ではその懸念がないように思われる。

なお久保 (1961) は 1916～1956 年の日本海北部の新潟，山形，秋田，青森の 4 県を合せたブリ漁獲量の変動が 11 年の周期を持ち，5 年前の太陽黒点数の増減と一致していることを見出し，これは漁獲対象魚の主力が 5 年魚であることを示すと述べている。漁獲の山はほぼ 1933，1942，1953，谷は 1927，1938，1949

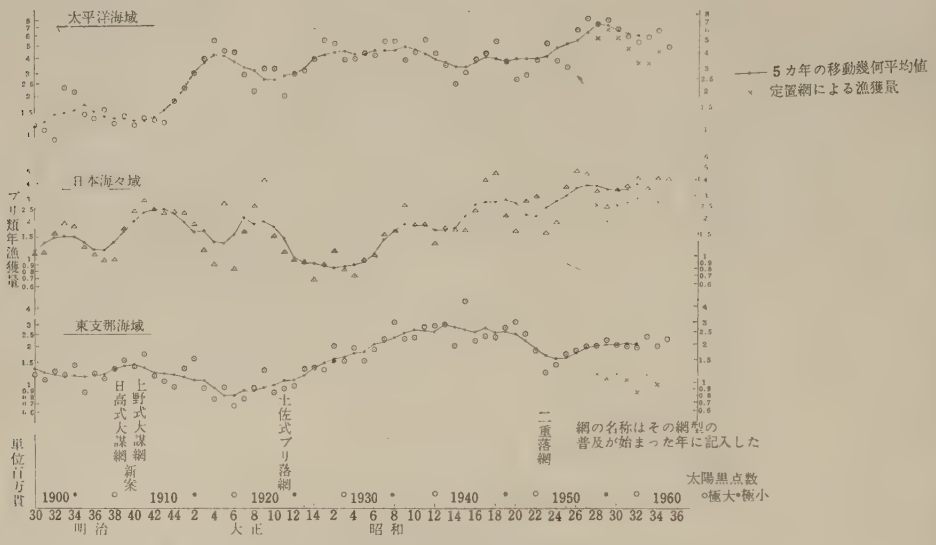


図 1.3 三大海域別ブリ類漁獲量の永年変動（農林統計に基づく）
太平洋海域……青森県——宮崎県
日本海々域……秋田県——山口県
東支那海々域……福岡県——鹿児島県
ただし，昭和 26 年以降では青森県の日本海岸は日本海に計上，その他兵庫，山口，福岡，和歌山，徳島，愛媛，大分の各県は瀬戸内海の分を除いて計上した。もつとも瀬戸内海の分は少ないので大勢には影響しない。

年となつているが，これは図 1.3 の日本海海域でも太平洋海域でも 1927～1955 の範囲では 1 年ほどずれてほぼ当てはまり，図 1.2 の全国漁獲量でも 1930 年以降ならば，このような周期を含んでいるといえぬことはない。前に全国について 8，9 年の周期があるように見えるとしたが，このあたりの周期は確かなものではなく，いろいろな見方ができるものである。

1.3.2 月別漁獲量の変動

海区別に月別漁獲量の変動を最近 5 カ年（昭和 30～34 年）の平均について見ると（図 1.4），北と西の特

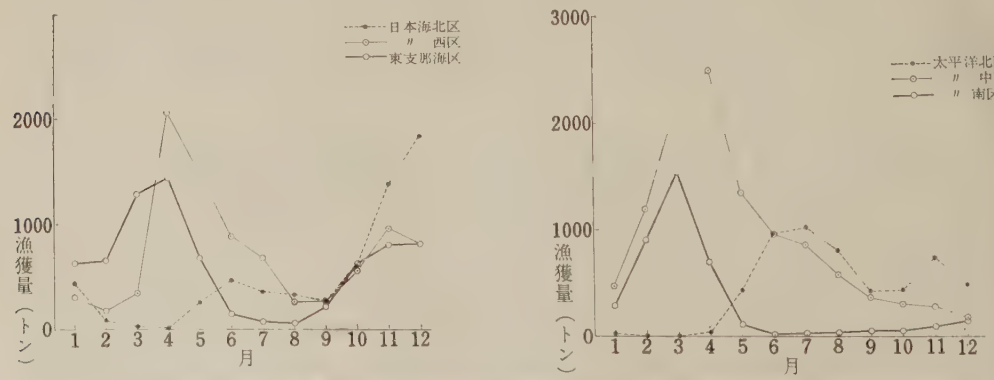


図 1.4 ブリ海区別月別漁獲量（最近 5 カ年平均昭和 30—34 年）（統計調査部，水産統計月報）

徴がよく現われている。太平洋，日本海ともに北部では 6，7 月頃に漁獲の山があり，太平洋中区と日本海西区ではともに 4 月が山で，太平洋南区と東支那海区では少し早くそれぞれ 3，4 月と 3 月が山となつている。なお対馬暖流域の方では何れも 11，12 月にもう一つの山があるのに，太平洋の方では北区が 11 月に山を示すのみである。これらの山の意義は漁獲される魚体の型や漁業の種類や海況の特徴にも関係し，簡単に論ずるわけには行かない。ここでは事実を示すにとどめる。

1.4 主要各県の漁況

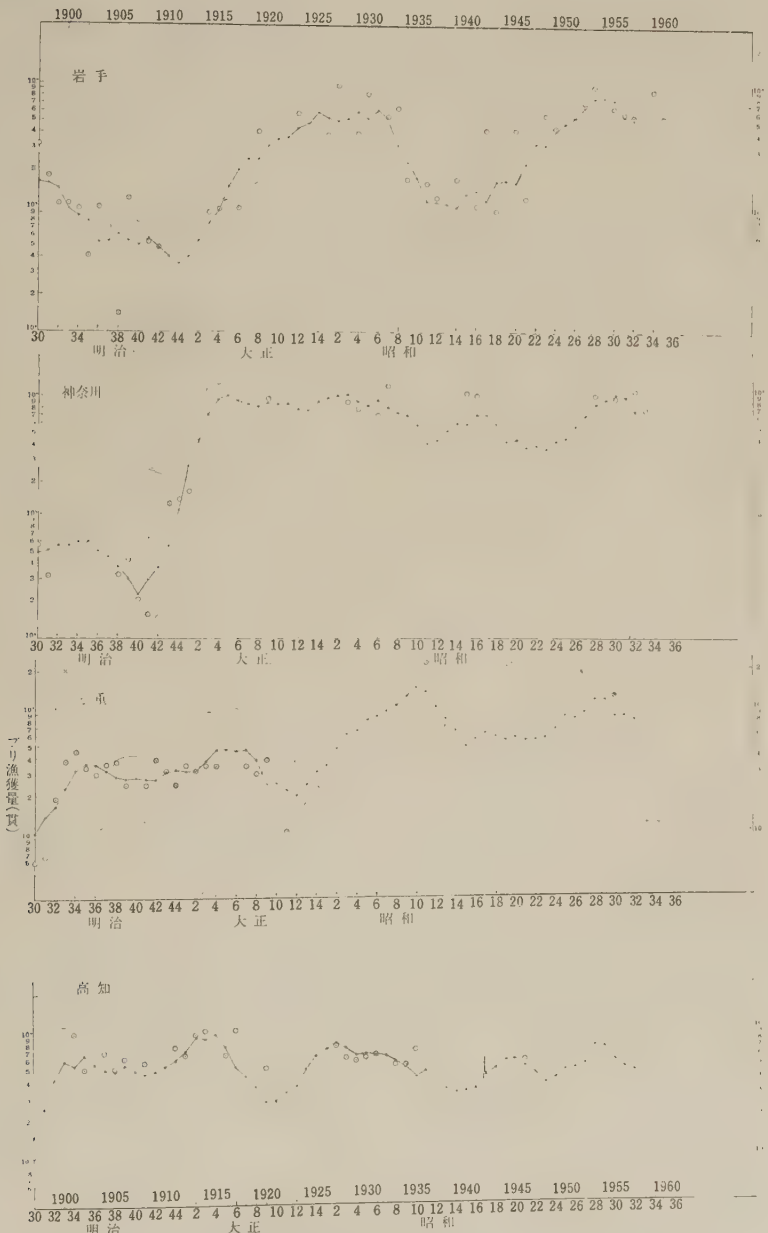


図 1.5.1　太平洋海域主要県のブリ漁獲量(貫)の永年変動（農林統計）
折線は 5 カ年の移動幾何平均値（昭和 34 年まで）

前と同様に農林統計* によりブリ類漁獲量の対数を明治 30 年から昭和 35 年までの 64 年間，各海区でブリ漁業が盛で代表的な岩手，神奈川，三重，高知，富山，島根，長崎の 7 県について図示した（図 1.5.1～2)。そして各県ともに 5 年毎の移動幾何平均を計算してその曲線を記入した。

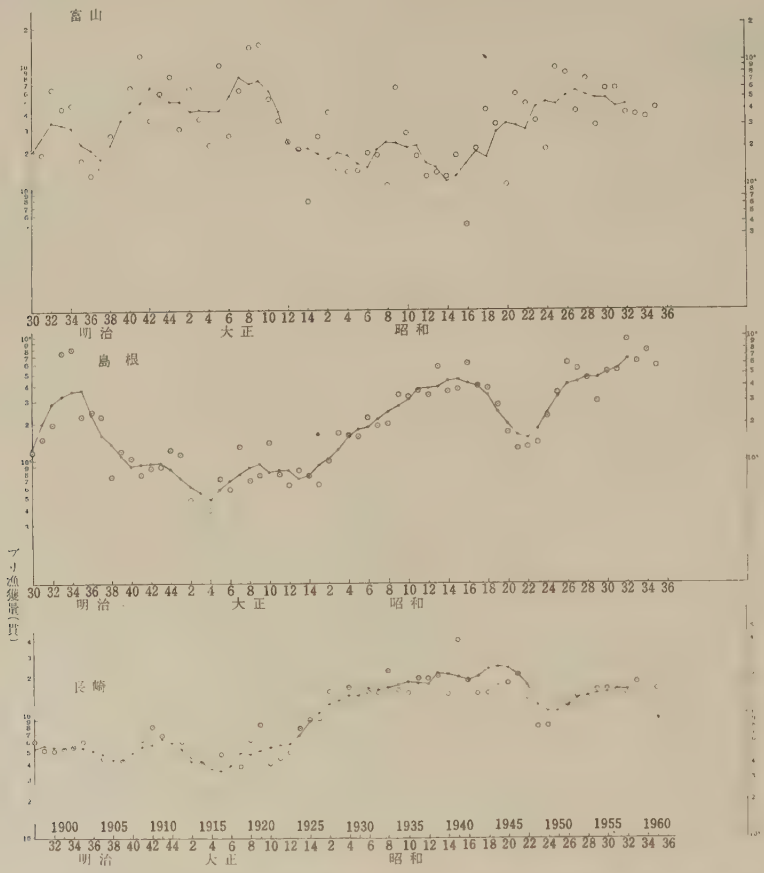


図 1.5.2 日本海および東支那海主要県のブリ漁獲量(貫)の永年変動（農林統計）
折線は 5 カ年の移動幾何平均値(昭和 34 年まで)長崎県の昭和 20 年のみは推定値

1.4.1 漁獲量の永年変動

平均曲線について各県の永年変動をくらべると，岩手，神奈川，三重，高知の 4 県は同じ太平洋岸にありながら，三重と高知相互を除いては曲線の型がかなり異なつており，共通な点としては明治 40～42 年頃に小さい谷となり，近年の昭和 28～30 年頃に山を示してその後現在まで減少していること位である。なお神奈川県について短期の変動に着目すると，大正 2 年——昭和 8 年の 20 年間ではほぼ 5，6 年の周期が認められ，これはすでに木村 (1935b, 1940) が指摘しているところであるが，昭和 8 年以降には全く当てはまらない。これら経年変動の原因はもとより簡単に論ずるわけには行かない。漁況はブリの来遊量や移動速度などのブリそのものの行動に関係するばかりでなく，人為的な漁獲努力量とも密接な関係があるからである。そこで努力量の資料が入手できた三重県について考えて見ることにする。

三重県のブリ類の漁業種類別漁獲量は統計調査部の資料によつて計算して見ると（表 1.5)，定置網によ

* 東京水産大学吉原友吉教授所蔵の資料に負うところが多い。

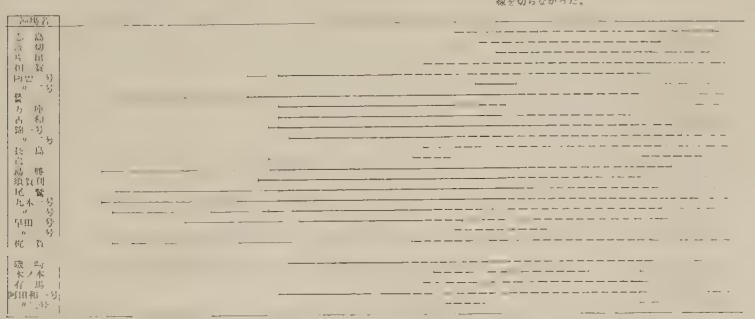
表 1.5　三重県ブリ類漁獲量，漁業種類別千分率

（農林省統計調査部資料による）

漁業種類＼昭和年	27	28	29	30	31	32	33	34
まき網	17	16	8	55	71	73	98	64
刺網	4	5	1	3	7	28	16	19
釣	67	65	45	21	82	116	101	75
延縄	22	27	9	9	28	31	20	20
ブリ・マグロ定置網	807	850	890	840	764	665	695	762
その他の大型定置網	77	39	22	44	22	34	45	27
桝網	1	2	0	1	3	0	1	1
その他の小型定置網	0	6	21	17	20	21	14	30
地曳・船曳	1	1	2	2	3	18	5	1
敷網	4	1	1	7	3	10	3	0
漁獲量年計（トン）	5,891	3,255	3,593	4,519	2,843	2,122	3,259	2,493
定置網	885	897	933	902	809	720	755	820

ものが圧倒的に多く近年その割合がやや減り気味ではあるが依然として8割前後を占めている。そして定置網のうちでは，ブリ・マグロ定置のような大型定置網によるものが定置網の90%以上も占めているので，三重県のブリに対する努力量の変遷はブリ・マグロ定置網の数によつて大勢を見ることができる。同県では大敷網は明治32年頃から始まり，その後網の型が大謀網→落網→二重落網と変り（図 1.6.1），漁獲性能も向上しているが，その性能の向上の程度はよくわからないので別として，年々の着業統数を見ると（図 1.6.2），その変動の形が同県のブリ漁獲量のそれと全く同じであることに驚く。と言つて1統当りの漁獲量は必ずしも一定ではなく，しかも逐年減少の傾向にあるが（図 1.6.3），このような事実は漁獲量の永年変動を論ずる場合，努力量――着業統数などの重要であることを物語る。

日本海および東支那海の3県の変動をくらべると，島根と長崎は大きな傾向は似ているが細かい点は全く異なり，富山は何れとも似ていない。富山では島根，長崎と異なり小ブリ，フクラギのような小型魚の割合が大きいためかも知れない。太平洋では近頃の数年減る傾向にあることが共通であつたが，日本海方面の近



三重県定置漁業誌，三重水試尾鷲分場資料
および筆者の直接調査による

図 1.6.1　三重県下各ブリ定置漁場網型の改良一覧

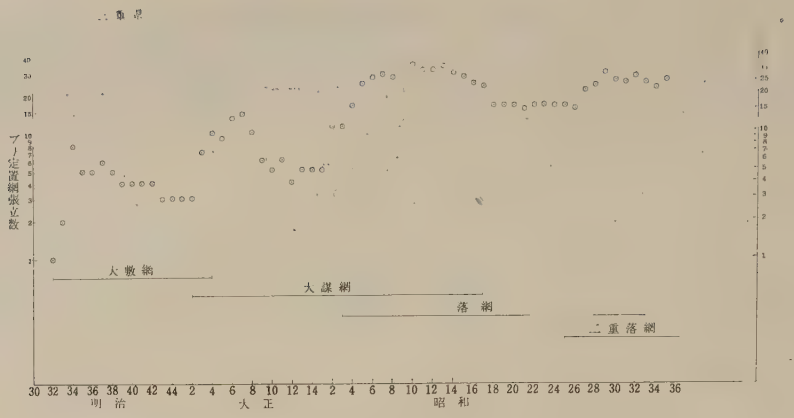


図 1.6.2 三重県ブリ定置網張立統数の永年変動

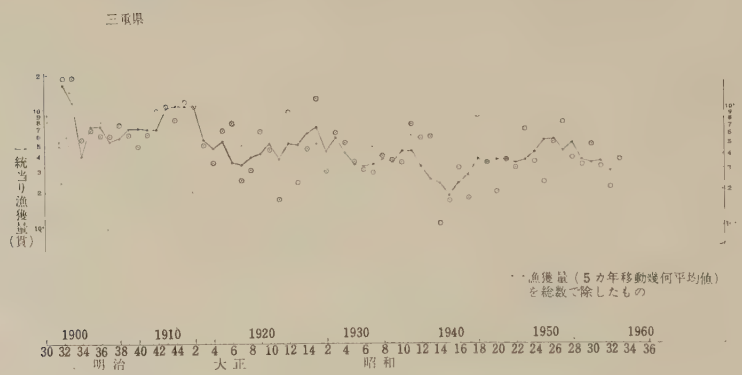


図 1.6.3 三重県下ブリ定置網1統当り漁獲量(貫)

頃の傾向はまちまちである。とにかく以上の大ていの県で大きいゆるやかな変動が見られることは興味がある。

次に各県の変動の大小を比べて見よう。長周期のそれについてはすでに述べたとおりであるが，年々の細かい変動を，毎年の移動平均値よりの偏差の大きさで見ると，太平洋側では岩手より高知まで同じような程度であるが，日本海側では富山が他の2県よりとくに大きいようである。長崎は7県のうちで，最も小さくて安定しているが，これは漁業の形態が他県とやや異なり，釣による漁獲量が定置網に匹敵するということと，定置漁場の数がとくに多いということによるのではないであろうか。また富山が何故変動が大きいかわからないが，それに関与する主要因がごく少ないためではあるまいか。独立な要因が多いとそれらが相殺して全体としての変動を小さくするからである。たとえば年令構成を考えて見るとフクラギの漁獲量の変動は年年の稚魚量を反映して大きいであろうが，富山ではその占める割合が大きいのである。それが大，中型になると幾つもの年令が加わっているので漁獲量の変動が小さくなるはずである。

以上，漁獲量の変動の模様について，いささかの解釈を加えて述べたが，余は第3章で漁況と海況との関係として論ずることにする。

1.4.2 各県間の漁獲量の相関

各県ブリ漁獲量の間の相関については幾つも研究がある。多くは順位を使って相関を求める方法を用いているが，田内・三善（1937，1939）は，昔の農林統計の精度を考慮し，或る年がとくに豊漁か凶漁であったことは信用できるが，その他の年では漁の多少を見るには誤差が多いとして，特異であるが簡単で巧妙な方

を案出している。また川上・山崎 (1952) は努力量の影響にも注意を払い，日本海側各県間の漁況の相関見るのに，Spearman の順位相関係数を使うとともに，努力量の永年変化が共通の傾向を持つ時には見上漁況の相関が現われる可能性があるので，それを除くために相続く 2 ヵ年を比べ，第 2 年目が増したかつたかの一致の度数が統計的に有意であるかどうかで両県間の短期漁況の相関を論じた。三谷 (1957) はれと同じ方法を太平洋側の各県の漁況に適用し，諏訪 (1952) は田内の方法を高知と他の数県との相関をるのに用いている。これらの研究結果を太平洋側，日本海側それぞれにまとめたのが表 1.6.1 で，研究別，研究方法別にして，相関の模様を符号で示した。

これらは何れも同じ年の漁獲量を比較しているが，筆者は 1 年ずらした場合についても少し調べて見た。正 13 年～昭和 34 年の 36 年間で（前年としては大正 12 年～昭和 33 年）田内の方法と同じ趣旨で，

表 1.6.1 諸研究者による各県ブリ年漁獲量の相関表（太平洋沿岸，日本海沿岸別）

○正　相　関
◎著しい正相関
△負　相　関

太　平　洋

田内・三善の研究	順位相関による
永年変化による	2 年短期漁況による

三谷の研究

日　本　海

田内・三善の研究	順位相関による
永年変化による	2 年短期漁況による

川上・山崎の研究

太平洋＼日本海	秋田	山形	新潟	富山	石川	福井	京都	兵庫	鳥取	島根	山口	
青森		○ ○		◎ ○	◎		◎ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○	秋田
岩手				△ ○	△		△ ○	○ ○	○ ○	○ ○ ○	○	山形
宮城		○ ○ ○						○			○	新潟
福島					◎		◎	○	○	△ ○		富山
茨城						○	◎				△	石川
千葉					○ ○ ○							福井
神奈川					△	△		○	○	○	○	京都
静岡							○ ○ ○		○ ○	○ ○	○ ○	兵庫
三重					○ ○	○ ○				○ ○ ○	○	鳥取
和歌山					○	○			○ ○		○	島根
高知							○	○ ○	○ ○	○		
宮崎							○	○	○		○ ○ ○	
	青森	岩手	宮城	福島	茨城	千葉	神奈川	静岡	三重	和歌山	高知	

日本海沿岸

表 1.6.2 各県間ブリ漁獲量の相関(前年と当年) 大正13年～昭和34年，ただし前年では大正12年～昭和33年

前年＼当年	岩手	神奈川	三重	高知
岩手		+4(8)	+5(7)	+7(9)
神奈川	+4(8)		−2(12)	+1(7)
三重	+1(11)	−4(8)		+2(10)
高知		+7(11)	+2(8)	

表 1.6.3 各県間ブリ漁獲量の相関(同年) 大正13年～昭和34年

	岩手	神奈川	三重
神奈川	+3(9)		
三重	−1(9)	−1(9)	
高知	+6(10)	+1(9)	+5(11)

同じ県で漁獲量の順位が上位の9カ年に入るものを豊，下位の9カ年を凶として，両県の豊と豊，凶と凶とが一致すれば +1，豊と凶ならば −1 として加え合せた数字で相関の度合を判断したのである。このように1年ずらせて相関を見るのは主漁期が異なる時に後れている方の県の漁況を予測したり，魚体の大きさなどの考慮から漁期の遅い県の方が源になると思われる時に回遊を確かめる知見を得たいためである。表 1.6.2 がその結果であって上に述べた結果の数字を示しているが，( )内の数字はこの計算の時に絶対値を加え合せたもので，豊にも凶にもならない年が両県で一致した度数に相当する。これは田内の方法にはなかつたものである。なお，同じ 36 年間について太平洋側の代表的な4県の同年の漁況の相関を全く同じ方法で求めた結果を表 1.6.3

図 1.7 熊野

示す。この結果から，高知と岩手，高知と三重には相関があるらしいが，後者は三谷が別の年(1915～54)ついて別の方法で求めた結果と一致している。1 年ずらせた表 1.6.2 の結果から，前年の岩手は神奈川，重，高知と正の相関があつてしかも南ほどその相関の度合が大きいらしいことは，岩手の主漁期が夏で南方の各県が 3，4 月であるから，岩手より南下した魚群が沖を通つて高知より南に至り，次いで北上に転するものと想像させる。また前年の高知と神奈川にも相関があるらしい。

さて前記諸研究の結果をまとめると太平洋側では，宮城と岩手，茨城と千葉，静岡と神奈川，三重と和歌山と高知のような隣り合せの県の間で相関を示すのは当然として，三重以南の各県に短期長期とも密な正の相関が認められるのは，三谷の説のとおり南下群の一部が北上に転ずる点に当り，盛漁期が同じで魚体の大きさも似ており，海況や気象の影響も共通に現われるためであろう。また茨城・千葉が三重とは正の相関を示すのにそれより近い神奈川とは負の相関であるのは，大きな半島の東側と西側とで漁況が異なるという地形に原因を求めた三谷の説がやはり妥当と思われる。これはまた宇田 (1955) と田内 (1956b) が述べているように野島埼や潮岬などがブリ群の回遊の関門となつているらしいことの一つの例証とも言えようか。

日本海側については，上の結果から田内・三善は対馬暖流のために下層水の発達の影響が沿岸でかくされしかも 200 m 等深線が岸に迫る地域と，下層水の影響が沿岸にあらわれしかも 200 m 等深線が岸を離れている地域とでは漁況の変動の模様が反対であることは，ブリの漁況が地形や寒暖両流の勢力の消長に左右されていることを示すものとみている。また川上・田崎は山形以北と兵庫以西の各県の漁況はよく一致するのに，新潟と京都を境にしてその間の複雑な海岸線を持つ 5 県の漁況がまちまちである点に注目しているが，この結果はかなり田内・三善と似通つている。

東支那海の各地の漁況の相関については研究が見当らない。

とにかく漁獲量の地区間の相関からブリ群の移動，集散を推定するためには上述のような諸氏の巧妙な研究を以てしても，努力量の資料がないと，推論を検証する途に大きな障害のあることを否定できない。

定 置 漁 場 図

1.5 熊野灘主要定置漁場および相模湾二三漁場の漁況

これまでブリの漁況を論じた区域は，全国と言い，海域と言い，また県にしてもかなり広いものであるが，残念ながら努力量に関する資料がきわめて乏しいため，永年変動曲線の形を論ずるにとどまり，それによる推論は常識的には納得できても十分客観的なものとは言えなかつた。ところが，各定置漁場についての漁獲量の変動を論ずる場合には，向上しつつある漁獲性能の評価の問題はあるが，努力量の年々の変動が少ないのでブリ群の来遊量の表示として漁獲量を眺めることができる。ただし，一漁場の範囲がせまいので，点のばらつきが大きいのは避けられぬことである。

本稿では筆者の入手し得たもののうち，開設以来長い年の統計がある熊野灘中部の主要8定置漁場と，相模湾の3漁場のものを取り上げ，これらについてのみ論ずることにする。

1.5.1 各定置網ブリ漁獲尾数の永年変動

ここに取り扱う熊野灘の漁場は，南から北東へ向つて九木一，二号，尾鷲，須賀利，島勝，長島，錦一号，阿曾一号の8冬ブリ漁場で，その位置を他の漁場とともに図 1.7 に示す。それぞれの年漁獲尾数（6 kg 以上の魚体）の統計は定置漁業界および三重県定置漁業誌（1955）所載のもの，三重水試尾鷲分場の調査したもの，河村（1937）の発表などに筆者が直接漁場に当つて調べたものである。漁場別に永年変動を対数でポしたのが図 1.8.1～1.8.8 である。

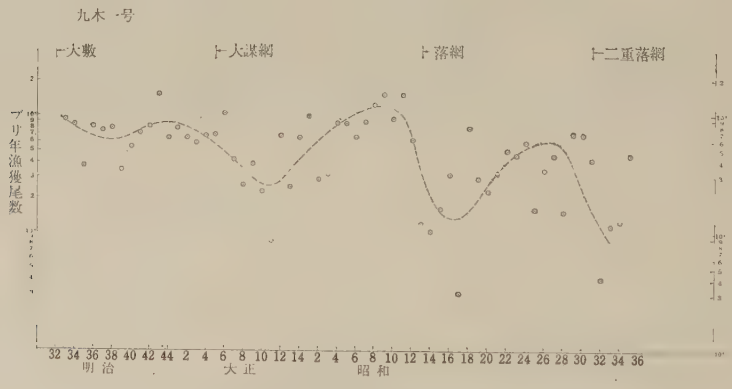


図 1.8.1 三重県漁場別冬ブリ漁獲尾数の永年変動—1

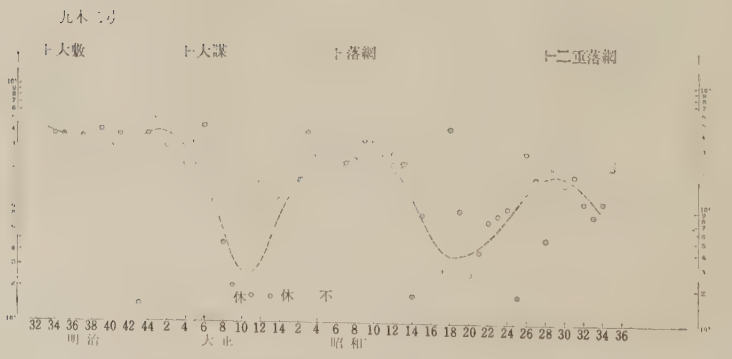


図 1.8.2 漁場別冬ブリ漁獲尾数の永年変動—2

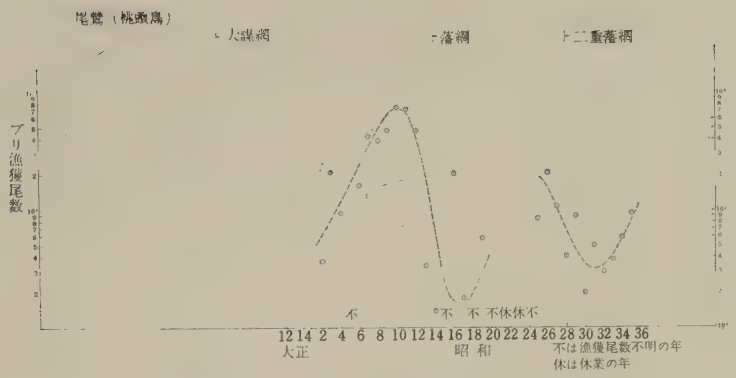


図 1.8.3 漁場別冬ブリ漁獲尾数の永年変動—3

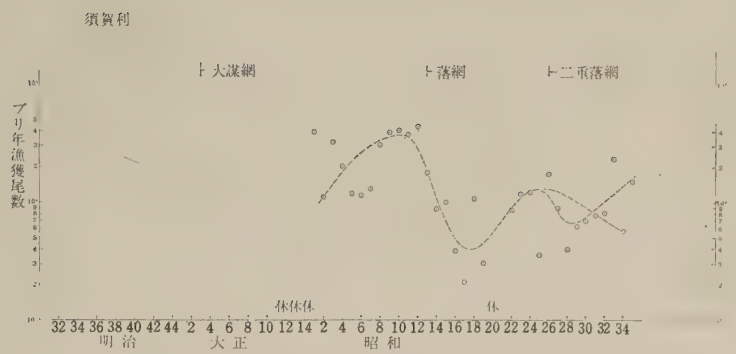


図 1.8.4 漁場別冬ブリ漁獲尾数の永年変動—4

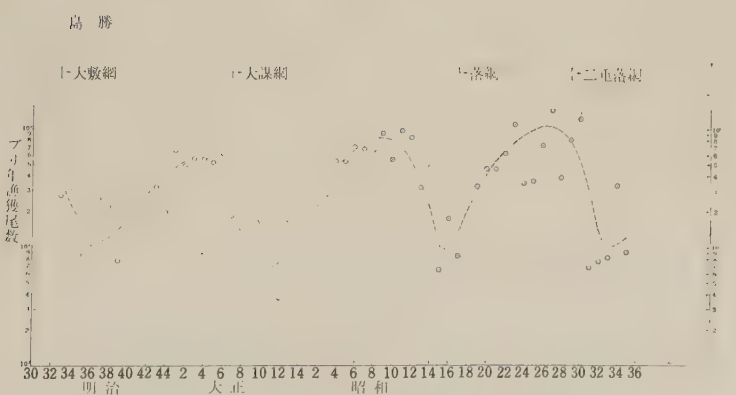


図 1.8.5 漁場別冬ブリ漁獲尾数の永年変動—5

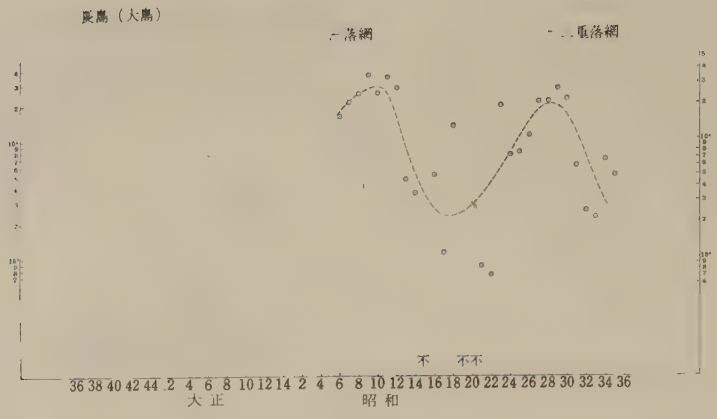


図 1.8.6 漁場別冬ブリ漁獲尾数の永年変動—6

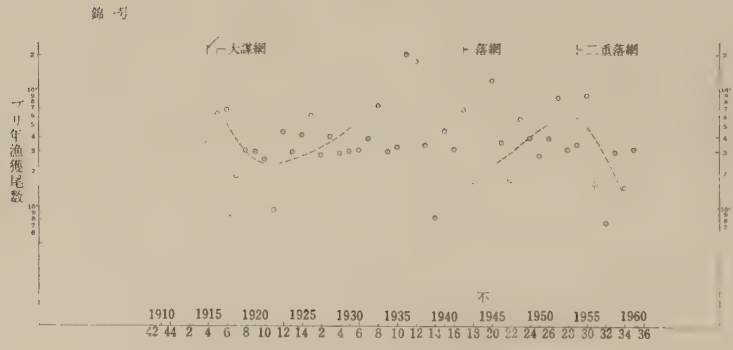


図 1.8.7 漁場別冬ブリ漁獲尾数の永年変動—7

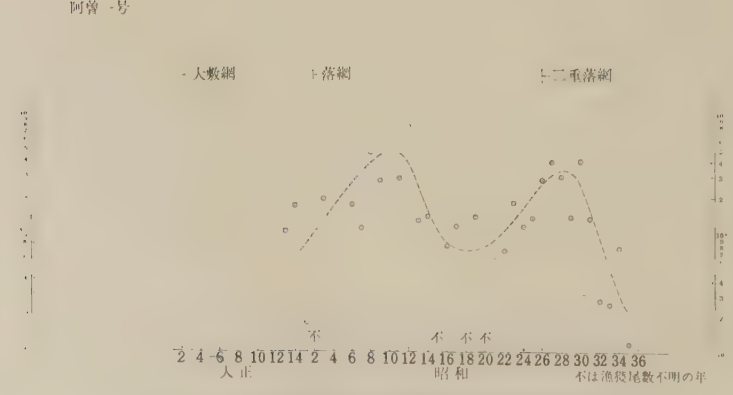


図 1.8.8 漁場別冬ブリ漁獲尾数の永年変動—8

これらの図を通覧すると，まず周期的の変動が目につくが，その点は後で論ずることとして，きわめて大まかに永年変動の傾向を見ると，各漁場が次の3種に分けられる。

1)　漸増……島勝

2)　やや漸減……九木一，二号，長島，錦一号

3)　明かに漸減……尾鷲，須賀利，阿曾一号

これらを垣網の張られた方向で見ると，1)の島勝は北々東，　2)のうち九木一，二号と長島では北東，錦一号と，3)の須賀利と阿曾一号は南または南東に向つている。尾鷲は東である。一般的に言つて北寄りに向いている方が南寄りに向いているより幾分よさそうである。このような垣網の張立方向は地形に関係があり，魚道が少しずつ変つて来ているのではないかとも思われるが，漁場の価値をこのような傾向のみできめられないことはもちろんである。尾鷲，須賀利は最近の2，3年のところはむしろ増加の気配があり，短期で見ると最近他の6漁場が著しく減少していることと対照的である。野村（1958, 1959a）は昭和26～29年の三重県の漁場別，日別ブリ漁獲統計を用いて，平均漁獲量の多い漁場は前面に拡がつたふところを持つており、漁獲量の平均は多くないが変動の小さい漁場は等深線が漁場で密になつており適当な位置に魚礁があることを見出し，何れもブリ定置漁場成立の好ましい条件であると述べている。それによると，筆者の取り上げた漁場のうち，九木一号，錦一号，島勝は前者，九木二号，尾鷲は後者に属している。筆者のさきに述べたような永年傾向では尾鷲を除いてはつきりした減少を示していないので，野村の指摘する好漁場がこの面からでも良好ということになろう。なお漁獲量の変動の大きさを見るのに，年々の漁獲量の対数の変動をより所にして見ると，図 1.8.1～1.8.8 では各漁場ともほぼ同様であつて（尾鷲のみはやや大きい），野村の説と異なるが，筆者の対象とした年限が長いからであつて，別に矛盾はない。たとえば尾鷲とても近頃の10年ほどでは年々の変動が小さくなつている。

次に長期の周期的変動に注意しよう。このようにほとんど各漁場ともかなり明瞭に長い周期性を示すことは，今まで注意されなかつた事実であり，本稿のように対数をとつて見たために初めて見出されたことである。さて漁場ごとに図上に破線で平均的の変動を示したところ，錦一号は周期性がやや不明瞭であるが，他の7漁場は山や谷となる年がほとんど一致している。山となつているのは 1913，1934～5，1952～3 谷は 1904～5，1921～2，1940～1，1959～60 であつて，周期は 18，9 年である。各漁場とも短期の変動がかなり大きいので，そのなかで不明や休業が少なくてとくに長年にわたつて統計のある九木一，二号，島勝，錦一号の4漁場をとり上げその合計漁獲尾数の変動を見ると（図 1.8.9）周期性が一層明瞭である。なおこの図で谷より山への増加はゆるやかで，山より谷への減少が急であることに注目したい。* この4漁場を合せた

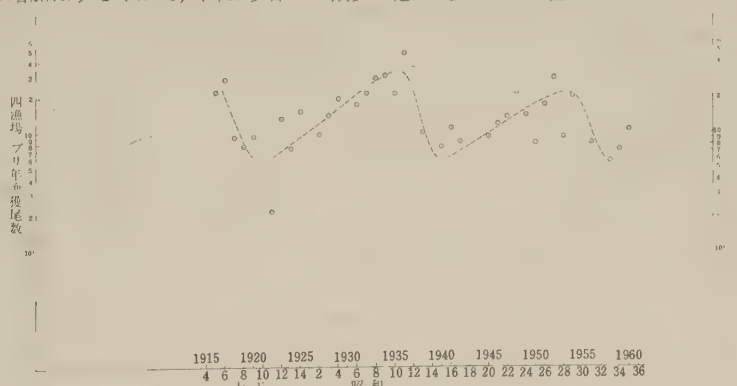


図 1.8.9　熊野灘中部主要4漁場の年次ブリ総漁獲尾数（九木一，二号，島勝，錦一号の計）

* この理由はもとより軽々には論ぜられないが，数学的には $\{\sin(x-\alpha)+\beta\}/(\sin x+\gamma)$ の形で α が約 40° の場合に似ていること，そしてこの 40° とは，三重県の漁獲量と統数の 18，9 年の周期的変動の位相のずれ2年にちようど合うこと，漁獲量，統数をそれぞれ $\sin(x-\alpha)+\beta$，$\sin x+\gamma$ で表わした時の1統当りの漁獲量の式になることを指摘するにとどめる。

漁獲尾数は，熊野灘においてブリ定置網の存業統数の多い近年 20～30 年でも，総漁獲尾数の 1/3～1/2 程度に達し，時には大半を占める年さえあつて，熊野灘へのブリの来遊資源量の指数として有用である。もつとも漁獲性能の向上が計算に入つていないので，年が後になるほど来遊資源量を過大評価する欠点はあるが。

さて，このような長周期変動が他の県でも現われるか否かを神奈川県の好漁場である前川，米神，岩江の3漁場の漁獲統計（木村，1940；山田又市氏書簡）によつて見ると（図 1.9.1～3），不明の年が多くばらつ

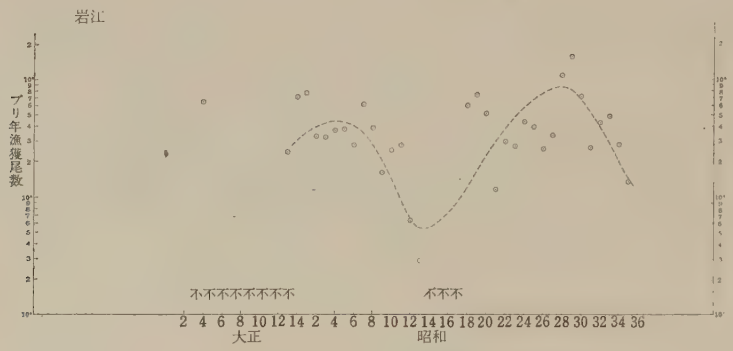


図 1.9.1 神奈川県漁場別冬ブリ漁獲尾数の永年変動—1

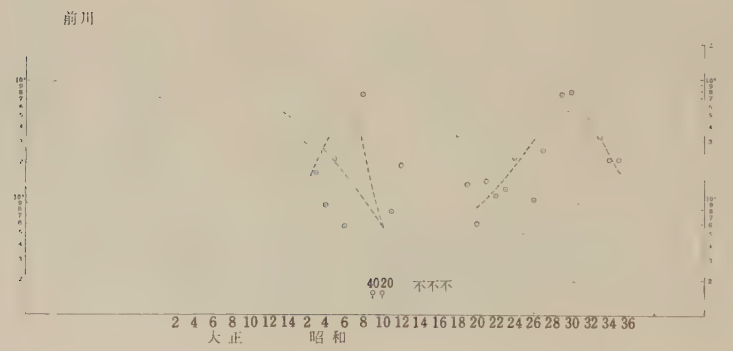


図 1.9.2 神奈川県漁場別冬ブリ漁獲尾数の永年変動—2

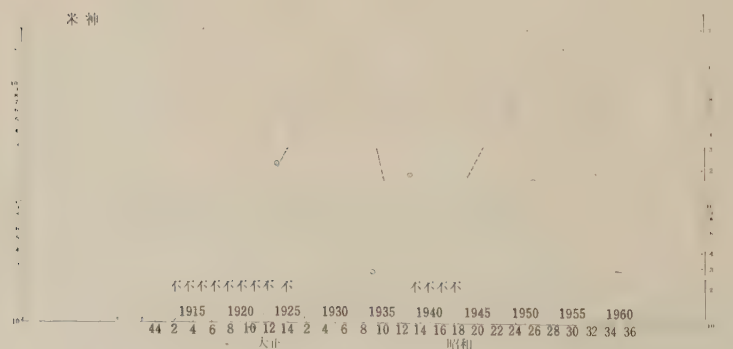


図 1.9.3 神奈川県漁場別冬ブリ漁獲尾数の永年変動—3

きも大きいけれども，長周期変動らしいものが見られ，山が 1953～55，谷が 1939～40 年頃に当たるようである。それ以前が山も谷もわからないので周期性は確かでないが，三重県の各漁場とくらべて，山で 1，2 年遅く，谷で 2 年位早いようである。ずれてはいてもこのようにほんの 1，2 年に過ぎないことは注意すべきで，もつと長年で，漁場の数が多ければ熊野灘と同じになるかも知れない。

木梨（1959b，1960）によると茨城県の会瀬，磯崎の両定置漁場では 1947 年以降ブリの漁獲量が漸減しているが，これはまき網や小型船による部分が増したためであろうという。熊野灘や相模湾では近年の定置網での減少傾向は 1953 年より後に始まつているのに，茨城県ではこのように早くから起つているのは漁期の違いとブリのまき網などの影響があることによるものであろう。

1.5.2　熊野灘中部定置漁場間の漁況の相関

前節でこれらの定置漁場は何れも 18，9 年の長周期の変動をしていることを示したが，ここでは短期の変動に注目しよう。これらのうち 7 漁場について統計が得られたのは昭和 2 年以降であるから，昭和 2 年～34 年の 33 年間について，長周期変動の線からのずれの著しい年を抜き出して見るとこれが短期変動を示すと考えられる。表 1.7 はその結果をまとめたもので，大きい方に著しくずれた年に○，小さい方に著し

表 1.7　熊野灘中部 7 ブリ漁場の短期変動による豊凶年一覧

漁場＼昭和年	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
九木一号										○		×	×		○	×	○							×			×	○	○	○	×		
九木二号		○			×								×		○		○	○						×	○		×						
須賀利		○		×	×	×				○						×	○							×	○		×				○		
島勝									×	○	○				○		○					○	×	×			×	○	○	×	×		○
長島										○	○				○	×	○			×	×	○					○	○	×	×	×	○
錦一号			×	×	×			×	×	○	○		×	○	○	○			○		×	○		×		○	×	×	○	×	×	○	
阿曾一号	×	○	○			×		×		×	○						?	○	?	×	×	○	×	×		○		×	○		×	×	○
計	−1	+3	0	−2	−3	−1	0	−2	−2	+3	+5	−1	−3	+1	+5	−2	+5	+1	+1	−2	−3	+4	−2	−6	+2	+2	−5	+1	+5	−2	−5	0	+3

多い年○　少い年×

くずれた年に×の印をつけてある。尾鷲漁場は休業や不明の年が多いので省き，その他の 7 漁場について，各年で○の年を +1，×の年を −1 として加え合せ，この数字の絶対値が 4 以上の年を広い範囲にわたる異常の年と考えることにする。豊年としては，昭和 12，16，18，23，30 年が，不漁年としては昭和 25，28，32 年がそれに当たる。前に述べたように長周期変動では豊漁年が昭和年代では，9，10 年頃と 27，8 年頃，不漁年が 16，7 年頃（と 34，5 年頃）であつたが，短期変動のそれと一致した年はなく，昭和 16 年と 28 年においては長周期と短期で豊凶が逆になつている。これらの豊凶の原因はなかなかわからないが，長周期変動は漁場間の漁況の相関から熊野灘全部またはそれ以上の規模で起り，短期のそれは一漁場よりは広いが熊野灘ていどの規模で原因を追求すべきものではないかと考える。

次に短期変動の漁場間の相関を見るために，表 1.7 のなかで，2 漁場間で○と○，または×と×とが一致する年は +1，○と×とになる年は −1 として 33 年間で加え合せて整理したものが表 1.8 の相関表である。なおこの表の下部にある数字は斜めに左上から右下へ加え合せて平均した値であつて，一番右の 5.8 が 7 漁場のみで見て隣り合せの漁場間の平均値，その左の 5.0 が一つ置きの隣同士の平均値という風に左

に行くほど離れた漁場間の値となつている。右の欄外の数字は左の各漁場に関した数字の計で，他漁場との関連の大きさの総和とも言うべきものである。

この表でわかるように，相関の数字が悉く＋であること，近い漁場ほど相関が大きいこと，離れた阿曾一号がとくに関連が少なくなつていることは，このような短期変動の原因は割合せよい規模で追求すべきであつて，たとえば熊野灘全体に共通というようなものでは範囲が広過ぎることを示唆している。ブリ魚群の接岸の良否などが直接の原因であろうが，一時に来遊する魚群の拡がりは，まず九木と錦の距り程度のものでもあろうか。

表 1.8 熊野灘漁場漁況の短期変動の漁場間の相関表

九木一		← 26					
九木二	＋ 5		← 25				
須賀利	＋ 4	＋ 6		← 24			
島　勝	＋ 7	＋ 4	＋ 4		← 38		
長　島	＋ 5	＋ 2	＋ 3	＋ 10		← 30	
錦　一	＋ 4	＋ 5	＋ 5	＋ 9	＋ 5		← 33
阿曽一	＋ 1	＋ 3	＋ 3	＋ 4	＋ 6	＋ 5	← 22
	九木一	九木二	須賀利	島　勝	長　島	錦　一	阿曽一
斜めに加えた平均値		1	3.5	4.3	4.5	5.0	5.8

1.5.3 漁況の日々変動

漁期内の日々漁況を木村(喜) (1933, 1940) は相模湾および駿河湾の漁場について詳細に論じている。相模湾内の 17 漁場の大正 13 年～昭和 12 年間の統計では，まず，漁期を漁況によつて，初漁期 (12 月～1 月中旬)，盛漁期，終漁期 (5 月中・下旬) にわけ，盛漁期をさらに 5 期にわけている。5 期にわけたのは平均漁況がおよそ半月から 20 日程度の間隔で増減し，その山の数が 5 つ認められるからである。また漁期の中心日は漁場によつて異なるが，ほとんど 3 月中であり，真鶴からは東に行くほど遅くなつている。その他きわめて多岐にわたつて論じているがここではふれない。また宮本・野村・野沢 (1954) は相模湾，熊野灘，紀伊水道西側，土佐湾の漁場について，昭和 27, 28 両年の日々漁況を論じ，獲獲の一つの山は 2～4 日位連続して現われ，この山は 12 月～3 月頃には月に 2～5 回位あるが，彼岸頃からは一つの山の日数が短かくなり，山の数は多くなる傾向があると述べている。そして漁期間の山の数は 10～20 ほどであつて，木村と比べてかなり多くなつている。筆者の対象とした熊野灘の 8 漁場について，第 2 章の図 2.1.1.1～2.1.8.3 の日々漁獲尾数を通覧すると，大きく均して見れば木村のように，1 月～5 月初旬にはほぼ 4～6 個位の山が見られるが，もつと細かく着目すれば，宮本らの計算結果も妥当と思われるので，この間に矛盾があるわけではない。この各図では，漁獲の重心は木村の用いた記録と比べるとかなり後で，3, 4 月となり，近年は 4 月が重要な月となつている。

日々漁況については，論ずべきことも多いが，他日にゆずることにする。

第 2 章　冬ブリの漁況に関係する海況

本章では冬ブリ定置網の漁況に関係を持つ海況について，ブリ漁場における観測記録を主体として論ずることにする。

ブリ定置網の漁況に関連のある海況について考えるに，一つの定置網のみを対象とするにしても，その取り上げるべき範囲は広く，また海況の要素も多いであろう。空間的にその範囲を分けて見ると，まず定置網に近い方から，定置網の場所のそれが取り上げられよう。その次には定置網の近海や沿岸一帯に注目すべきであり，もつと広範囲には暖寒流の強さや流軸の変動，大冷水塊や暖水塊の消長が問題になるであろう。さらには産卵場や稚魚成育場の海況変動も加えられるべきである。しかし実際問題としては，調査資料がこの何れも豊富というわけには行かないし，広範囲の海況についてはすでに種々な専門的研究があるので，本稿で取扱う海況は定置網のところおよび付近を主とすることにする。取り上げる定置漁場としては近年詳細な調査が行なわれた熊野灘中部の漁場を選ぶ。けだしこれらの海況は魚群の接岸，入網に直接関係するものであり，しかも日々観測が行なわれ，漁況の資料も整い，海況と漁況との関連が，統計的客観的に追求できる好条件にあるからである。次に定置漁場近海の海況としては，上の各漁場に関連する海区において，定線観測が行なわれているが，2 月に 1 回程度であつて調査年数も少く，空間的の分布はとにかくとしても時間的変動の知見が乏しく，ブリ漁況との対決は難しい。そこで近海の海況の細かい永年変動のわかるものとして定地観測（日々または月に 6 回程度）の記録のみをとり上げることにする。

2.1　熊野灘主要定置網漁場の海況

近年熊野川水系および宮川（三重県）にダムを構築し，発電用水を多量に熊野川中部沿岸に放出することが計画され，宮川関係ではすでに昭和 33 年 1 月より桂城湾に放水が開始され，熊野川水系では尾鷲湾奥に近く放水の予定で工事が進められている。これに対して，付近にある重要なブリ定置漁場の島勝，九木一，二号，尾鷲などの各漁場への放水の影響が問題となり，それぞれ詳細な調査研究が行なわれた。その結果も或る程度発表されており（尾鷲湾放水影響調査団，1958；1960；東海区水産研究所，1956；1959），筆者もこの双方に関係したが（栗田，1959；1960a；1960b），本節において主としてこれに関する調査資料に基づいてさらにくわしく論ずる。

2.1.1　各漁場海況の日々変動

ここに取り上げるブリ定置漁場は，尾鷲湾内外の九木一，二号，尾鷲，須賀利，桂城湾内外の島勝，長島，錦一，二号の 8 漁場で，調査年月は，尾鷲湾関係では漁場によつては欠けているが大体昭和 32 年 1～5 月と昭和 32 年 12 月～同 33 年 3 月，桂城湾関係では昭和 31～32 年，同 32～33 年，同 33～34 年の 3 漁期（12～5 月）であるが，島勝のみは昭和 31～32 年の代りに同 29～30 年である。これらの年では 29～30 年を除いてみなブリが不漁であつた。ここでちよつと断つて置きたいのは年の呼び方で，冬ブリの漁期を年度で呼ぶ時には，一般にはたとえば昭和 31 年 12 月～同 32 年 5 月を昭和 31 年度ということが多いが，これを昭和 32 年度という漁場（島勝その他）もある。近年はこれらの漁場で 12 月にまとまつて漁のあることはほとんどないので，筆者はこれを昭和 32 年と呼び，年度という言い方をしないことにする。

次にこれらの漁場について年別に，各海況要素の日々（朝持）の観測値と 6 kg 以上のブリの日々の漁獲尾数（対数目盛）を対応させ，時間的変動がわかるように図示した（図 2.1.1.1～2.1.8.3）。図に表わした海況要素は塩素量（25 m 層），水温（25 m 層）と透明度であるが，本章で取扱う海況要素はもちろんこれだけではない。25 m 層をとつた理由は，ブリの遊泳層がかなり下層にまで及んでいるらしいことと（野沢・間庭・田原，1960），このあたりの定置網の敷設場所の水深が羽口で 50 m ていどが多いので，その中層という意味である。表層やその他の観測も実際には行なわれたので，25 m 層との比較については後に示した。

これらの図を通覧してすぐ気がつくのは，漁期間の変動の幅に対する日々の変化の大きさでは透明度は 25 m 層の水温より大きいことである。水温は 25 m 層のものであるのに，透明度は表面の影響を最も敏感

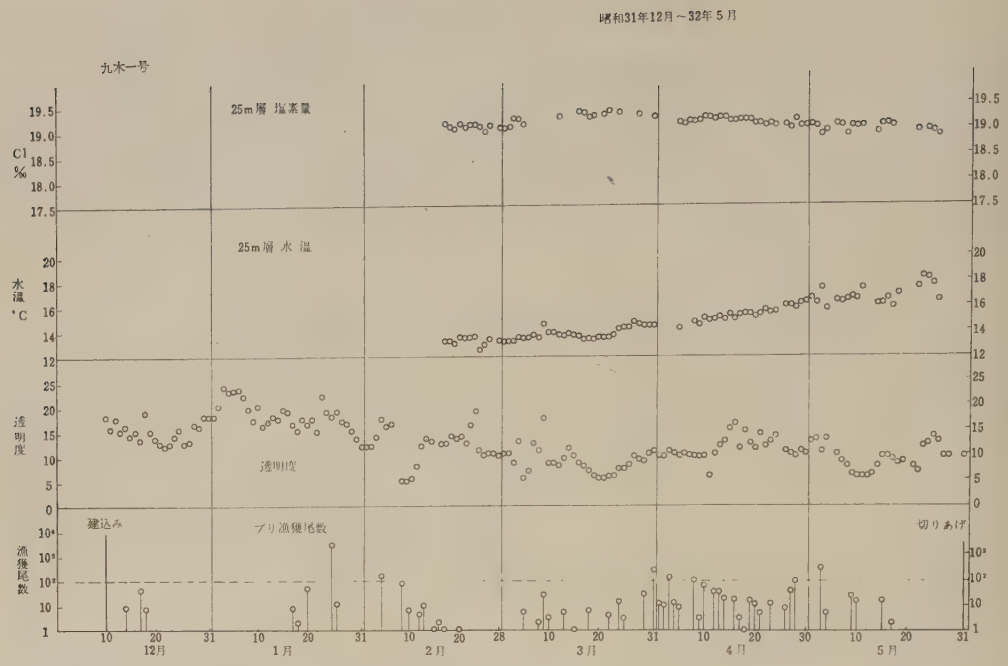


図 2.1.1.1 漁場の日々水温（25 m 層），塩素量（25 m 層），透明度およびブリ漁獲尾数

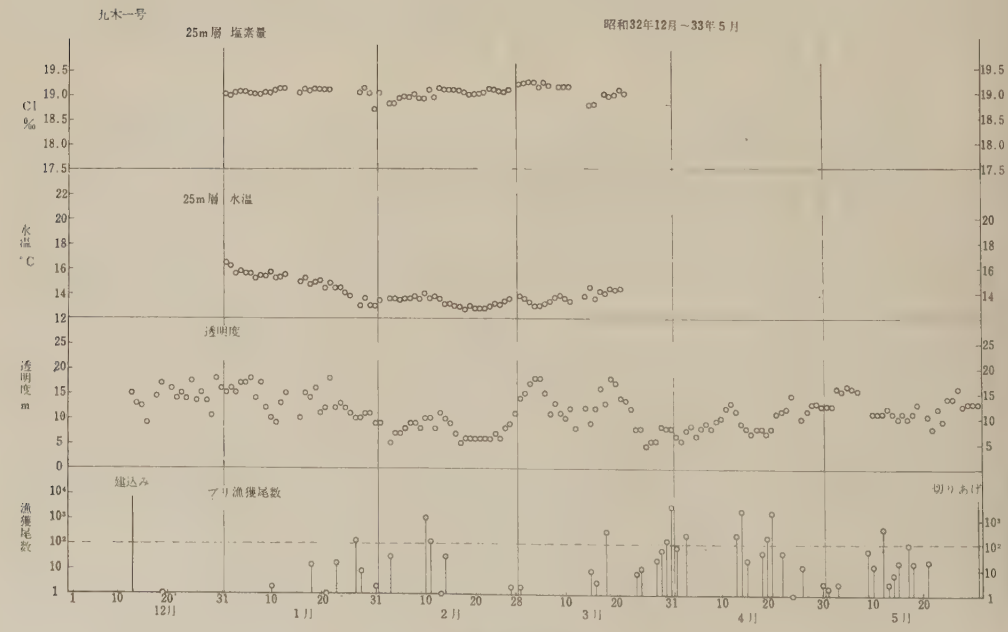


図 2.1.1.2

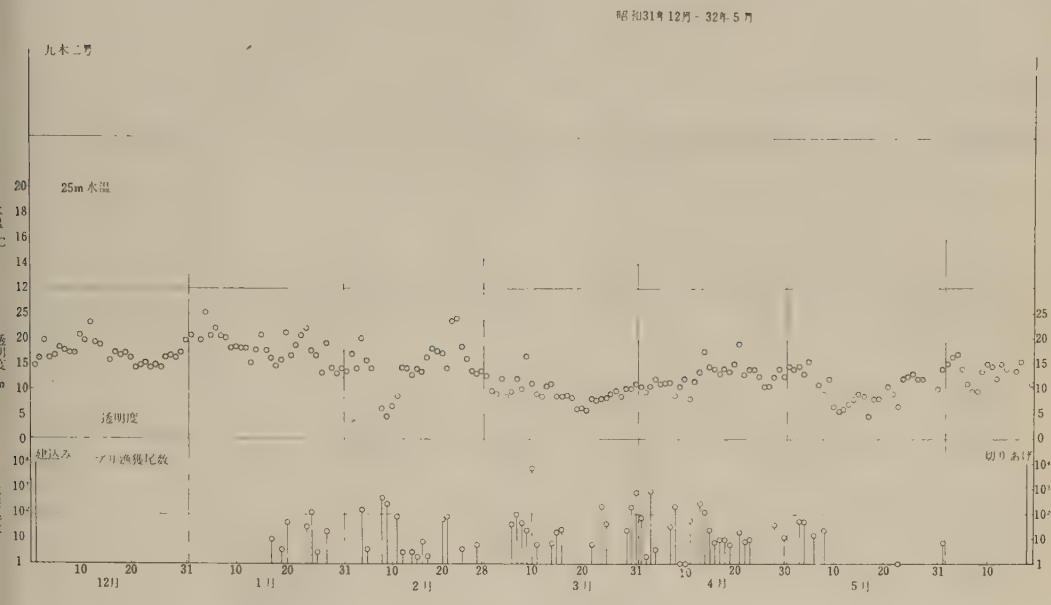

昭和31年12月 - 32年5月
九木二号
25m 水温
透明度
建込み
ブリ漁獲尾数
切りあげ
12月
1月
2月
3月
4月
5月

図 2.1.2.1

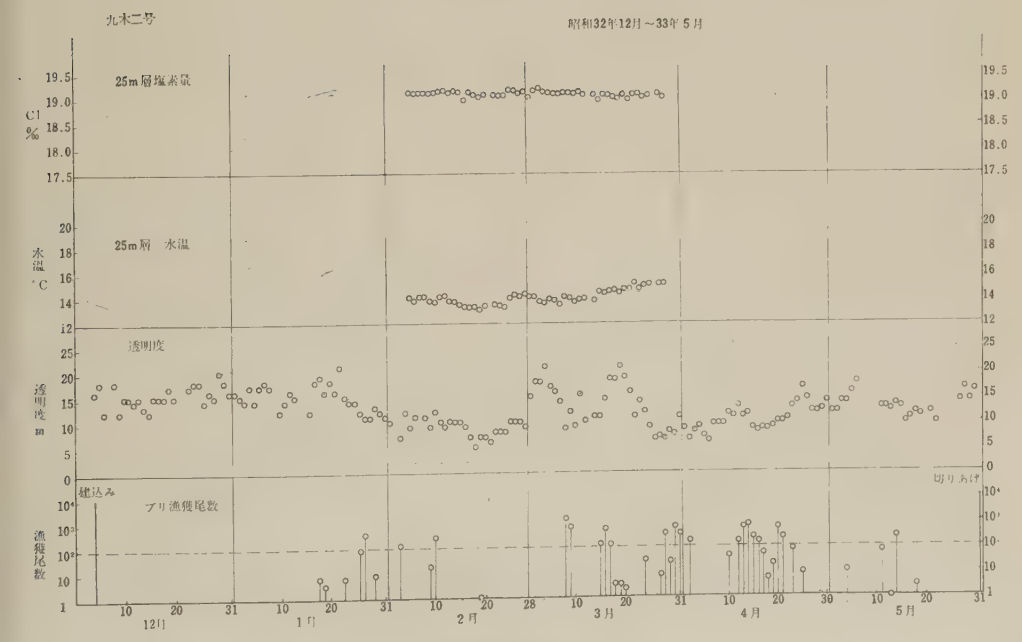

九木二号
昭和32年12月～33年5月
25m層塩素量
Cl ‰
25m層 水温
水温 °C
透明度
透明度 m
建込み
ブリ漁獲尾数
漁獲尾数
切りあげ
12月
1月
2月
3月
4月
5月

図 2.1.2.2

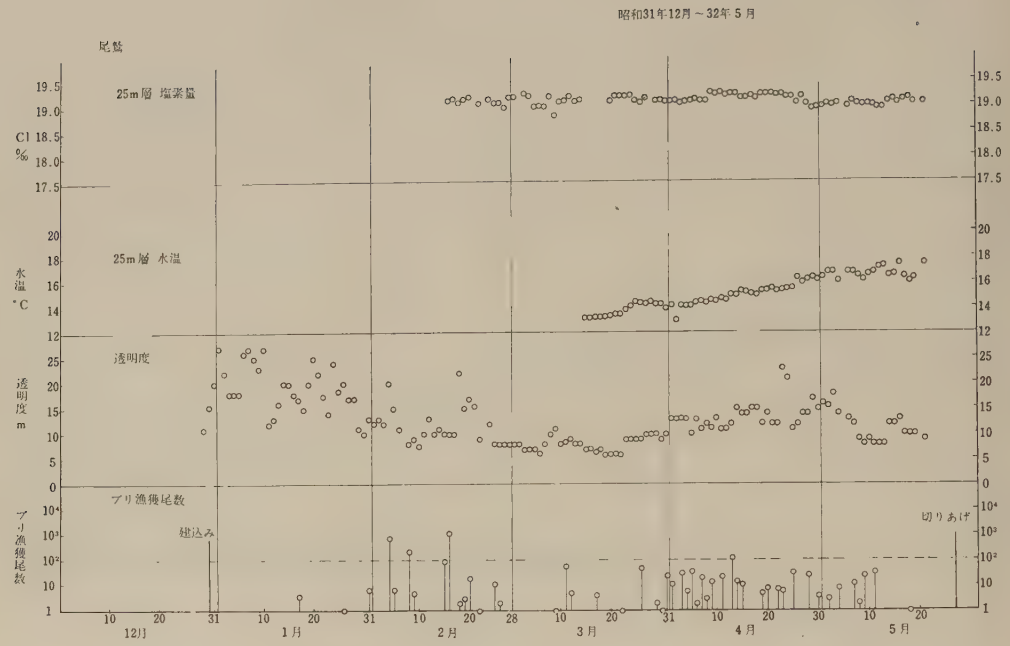

昭和31年12月～32年5月
尼鷲
25m層 塩素量
Cl ‰
25m層 水温
水温 °C
透明度
透明度 m
アリ漁獲尾数
建込み
切りあげ
12月
1月
2月
3月
4月
5月

図 2.1.3.1

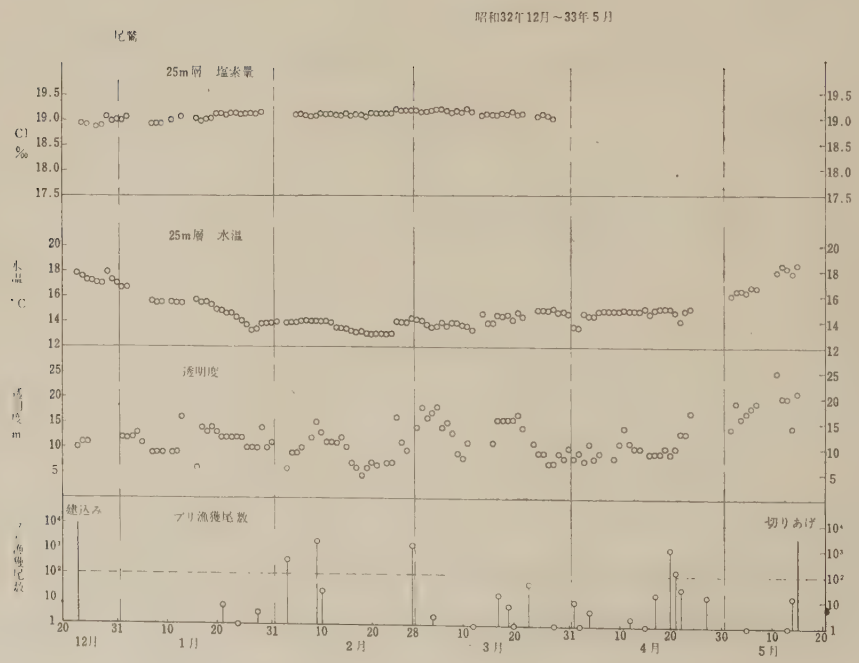

昭和32年12月～33年5月
尼鷲
25m層 塩素量
Cl ‰
25m層 水温
水温 °C
透明度
透明度 m
建込み
アリ漁獲尾数
切りあげ
12月
1月
2月
3月
4月
5月

図 2.1.3.2

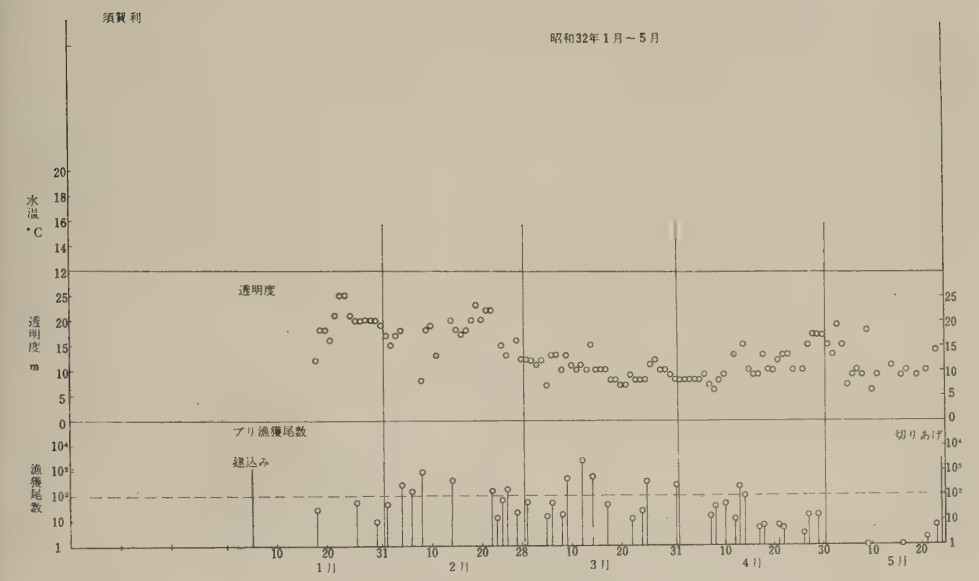

須賀利
昭和32年1月～5月
水温 °C
透明度
透明度 m
ブリ漁獲尾数
建込み
切りあげ
漁獲尾数
1月
2月
3月
4月
5月

図 2.1.4.1

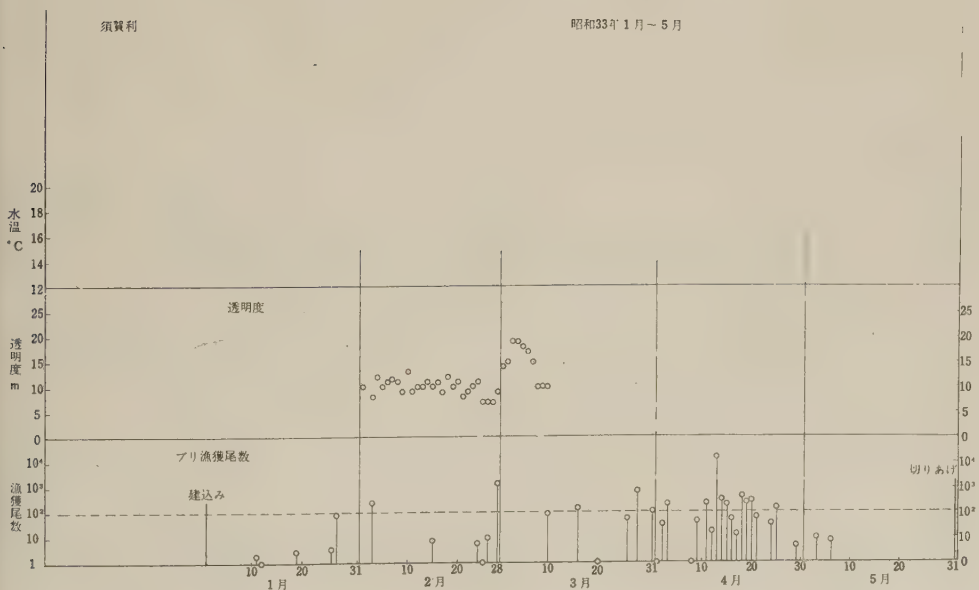

須賀利
昭和33年1月～5月
水温 °C
透明度
透明度 m
ブリ漁獲尾数
建込み
切りあげ
漁獲尾数
1月
2月
3月
4月
5月

図 2.1.4.2

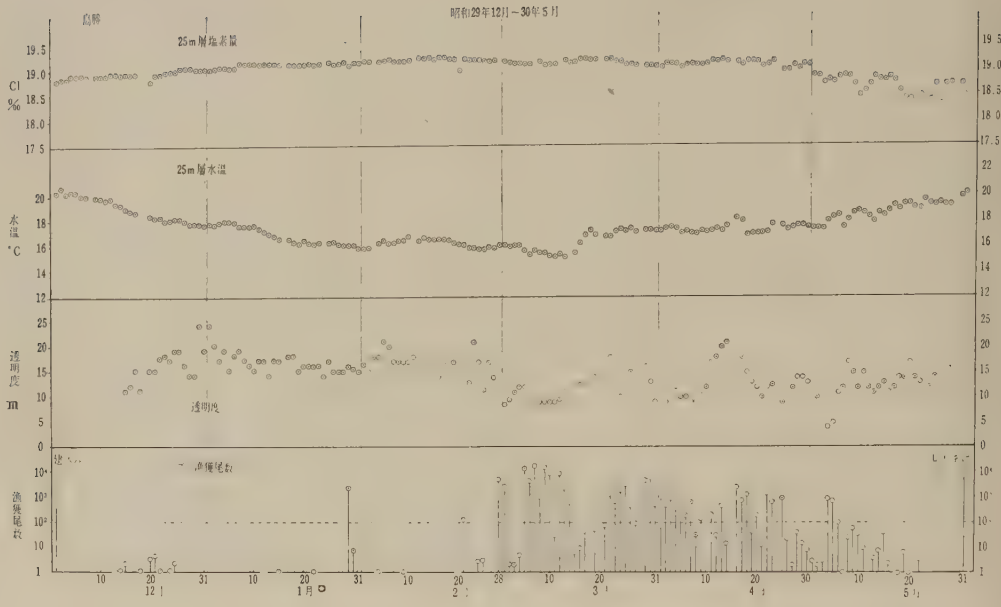

昭和29年12月～30年5月
25m層塩素量
Cl ‰
25m層水温
水温 °C
透明度
m
透明度
アリ漁獲尾数
12月
1月
2月
3月
4月
5月

図 2.1.5.1

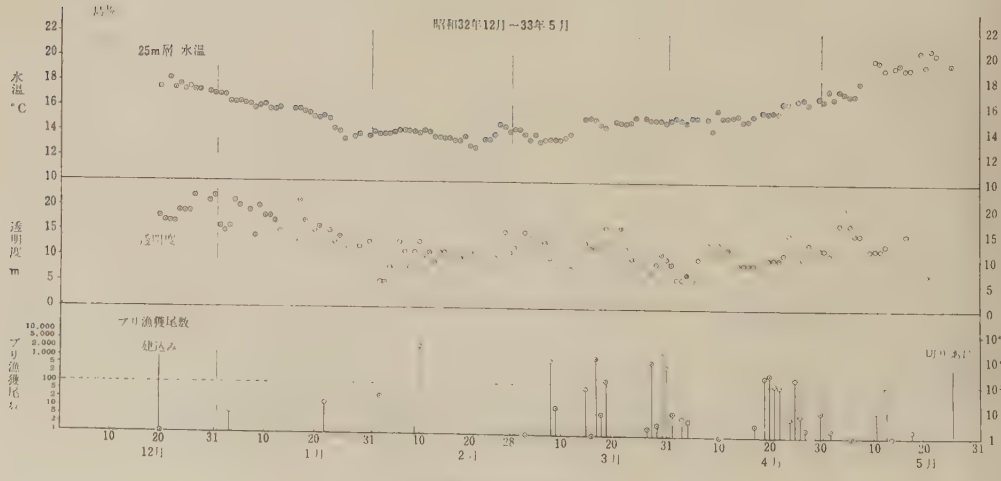

昭和32年12月～33年5月
25m層 水温
水温 °C
透明度
m
アリ漁獲尾数
12月
1月
2月
3月
4月
5月

図 2.1.5.2

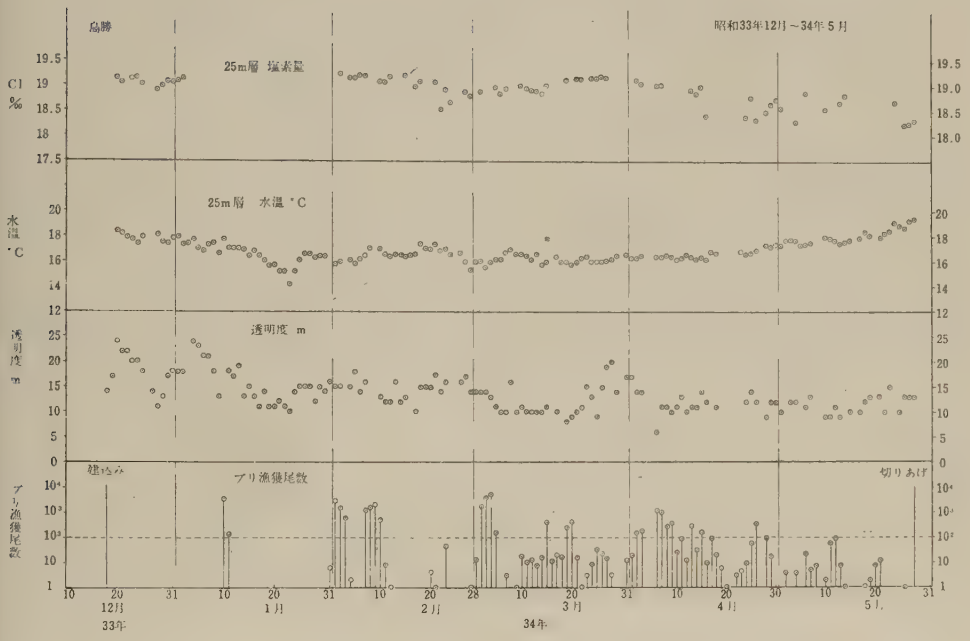

烏勝
昭和33年12月～34年5月
25m層 塩素量
Cl ‰
25m層 水温 °C
水温 °C
透明度 m
ブリ漁獲尾数
建込み
切りあげ
12月 33年
1月
2月
3月
4月
5月
34年

図 2.1.5.3

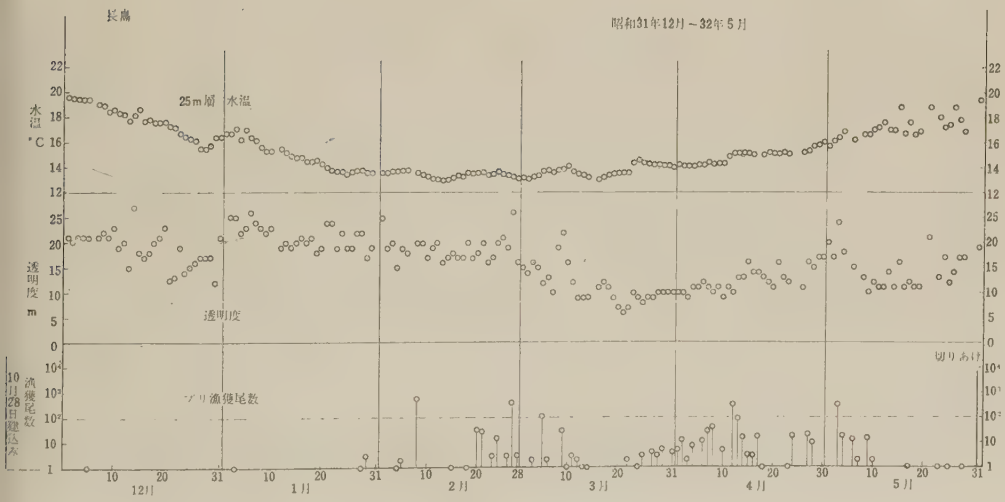

長鳥
昭和31年12月～32年5月
25m層 水温
水温 °C
透明度
透明度 m
ブリ漁獲尾数
10月28日建込み
切りあげ
12月
1月
2月
3月
4月
5月

図 2.1.6.1

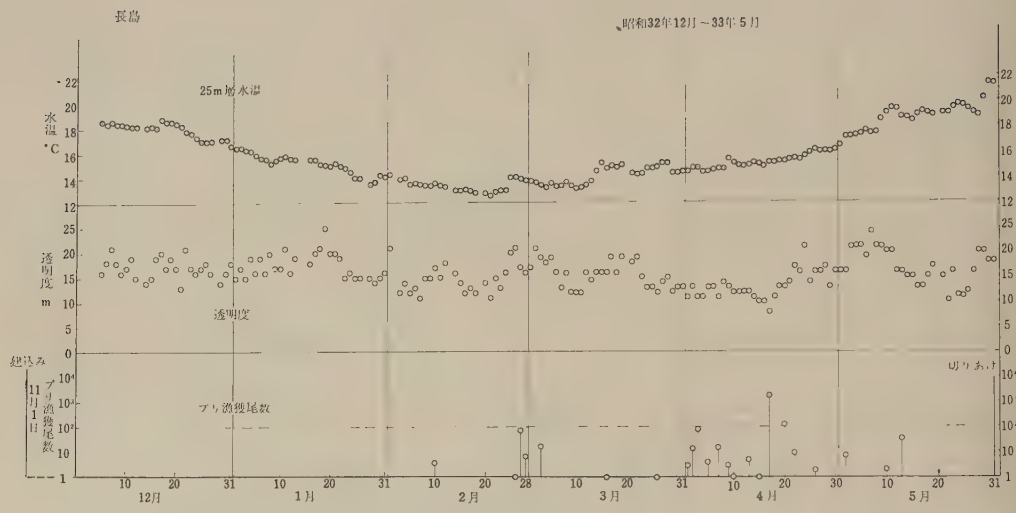

長島
昭和32年12月～33年5月
25m層 水温
水温 °C
透明度 m
透明度
ブリ漁獲尾数
建込み
11月1日
切りあげ
12月
1月
2月
3月
4月
5月

図 2.1.6.2

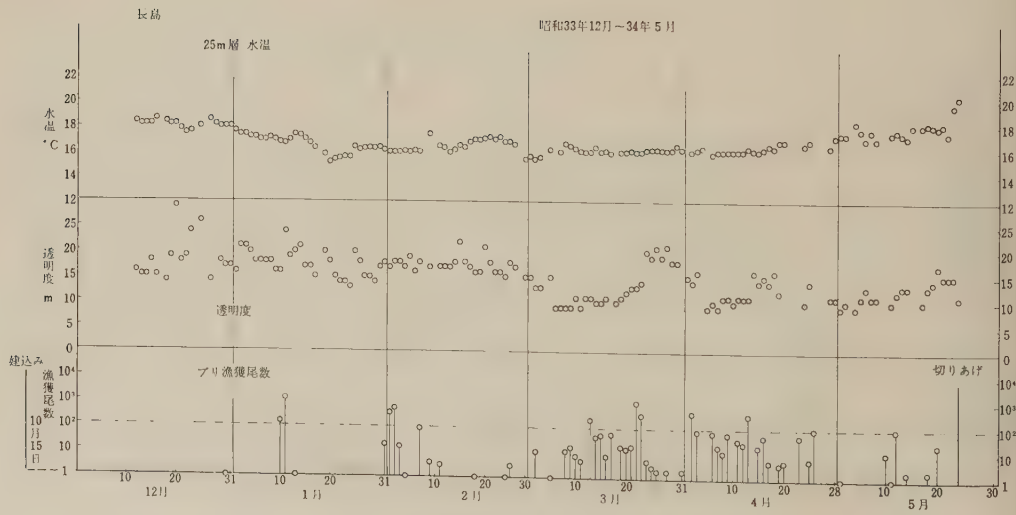

長島
昭和33年12月～34年5月
25m層 水温
水温 °C
透明度 m
透明度
ブリ漁獲尾数
建込み
10月15日
切りあげ
12月
1月
2月
3月
4月
5月

図 2.1.6.3

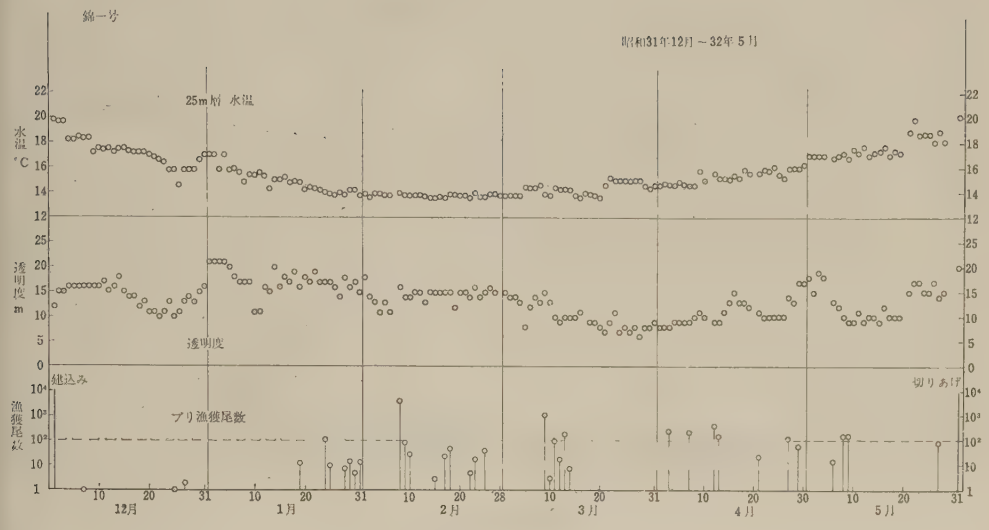

錦一号
昭和31年12月～32年5月
25m層 水温
水温 °C
透明度 m
透明度
建込み
切り上げ
ブリ漁獲尾数
漁獲尾数
12月
1月
2月
3月
4月
5月

図 2.1.7.1

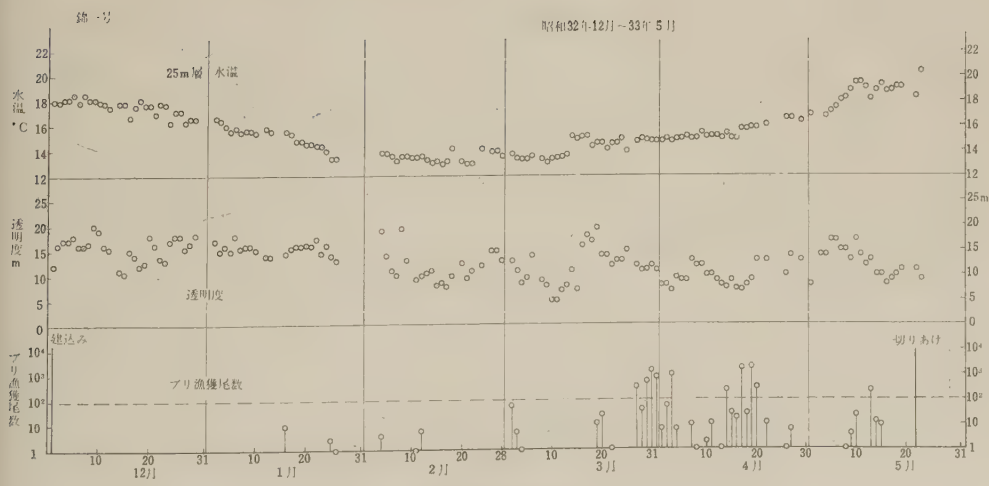

錦 -号
昭和32年12月～33年5月
25m層 水温
水温 °C
透明度 m
透明度
建込み
切り上げ
ブリ漁獲尾数
ブリ漁獲尾数
12月
1月
2月
3月
4月
5月

図 2.1.7.2

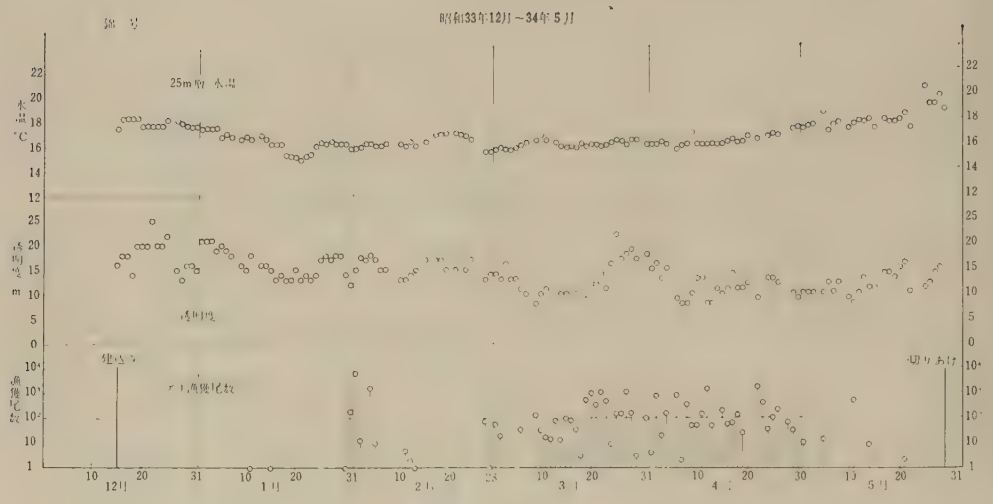

昭和33年12月～34年5月
25m層 水温
水温 ℃
透明度 m
透明度
建立
切りあげ
12月
1月
2月
3月
4月
5月

図 2.1.7.3

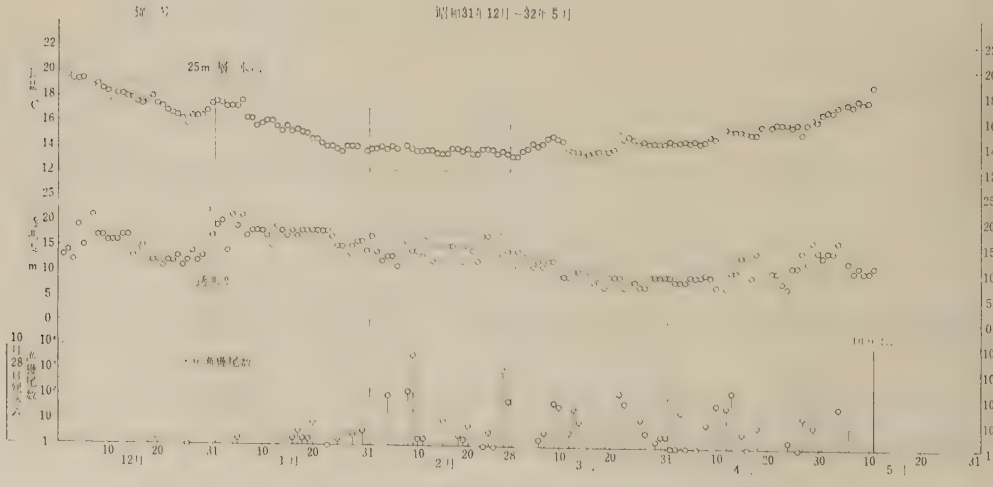

昭和31年12月～32年5月
25m層 水温
水温 ℃
透明度 m
透明度
12月
1月
2月
3月
4月
5月

図 2.1.8.1

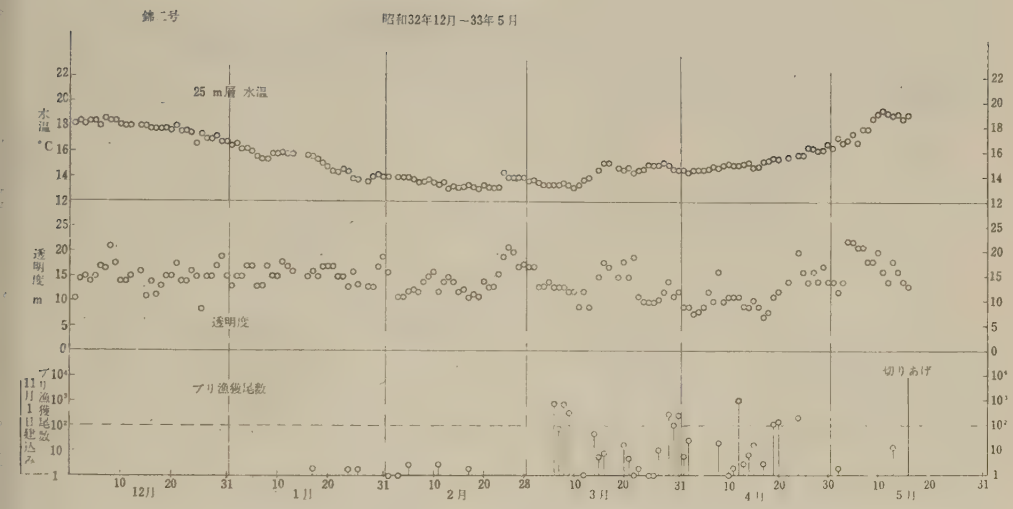

錦二号
昭和32年12月～33年5月
25 m層 水温
水温 °C
透明度
m
透明度
ブリ漁獲尾数
11月1日建込み
切りあげ
12月
1月
2月
3月
4月
5月

図 2.1.8.2

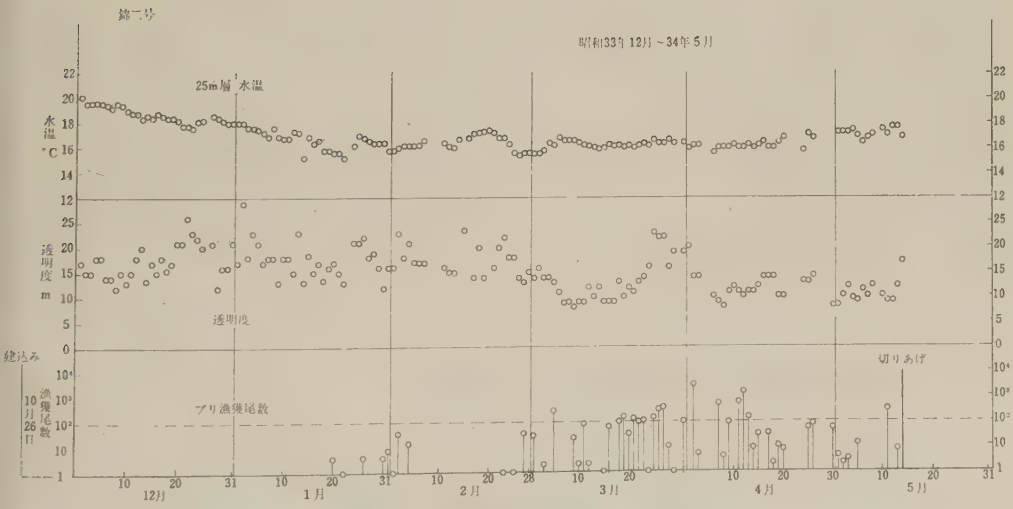

錦二号
昭和33年12月～34年5月
25m層 水温
水温 °C
透明度
m
透明度
建込み
10月26日
ブリ漁獲尾数
切りあげ
12月
1月
2月
3月
4月
5月

図 2.1.8.3

に受け，雨や風などの作用，プランクトンの増減など変化の大きいものととくに深い関係を持つからでもあろうか。

25 m 層水温の漁期間の変動は一般に知られているように初と終に高く，中が低く，皿形を示している。その最低を示す時期は年によつてかなり異なり，1，2，3 月にわたつているが，これらの漁場の間での差は少ない（表 2.1）。

表 2.1 漁期中で最低水温（25 m 層）の時期（月日）

漁場＼年	昭和30	32	33	34
九木一号		2.24	2.18	
九木二号			2.19	
尾鷲			2.19～2.24	
島勝	3.11，3.13		2.21	1.23
長島		2.13	2.21	1.20
錦一号		2.14～2.22	2.16～2.22	1.21
錦二号		3.1，3.2	2.13，2.19	1.14，1.22

各年の漁期は前年 12 月—その年の 5 月

塩素量については資料が少ないけれど，水温とは逆に中高で，12 月より漸増し，2，3 月が最高を示し，4,5 月と減つて行くようである。

透明度は 3，4 月に一般に低いが，5 月には昇る年と，3，4 月並みに低い年とある。昭和 33 年は各漁場とも前者であり，34 年は後者であるが，昭和 32 年は漁場によつて異なり，錦一，二号，長島など桂城湾方面は前者，九木一，二号，須賀利など尾鷲湾方面は後者である。この漁場によつて異なるのは河川の流出量の影響が尾鷲湾には多く，桂城湾には少ないためと思われる。

今までブリ定置網における海況についてきわめて詳しく研究したものに駿河湾奥および相模湾沿岸に関する木村（喜）(1932, 1935a, b, 1936a, b, 1937d, 1940) の業績がある。駿河湾の方は東北隅の淡島大謀網付近の日々海況について昭和 6，8，9 年（流動については昭和 10 年も）に観測したものであるが，そのうち 12～5 月の時期について熊野灘と少しく比較して見る。水温，塩分，透明度とそろつているのは，昭和 8，9 年であつて，両年でかなり差が大きい。最高最低の範囲を見ると 25 m 層の水温が，最低で 12.5°C（8 年 2 月）と 13.2°C（9 年 3 月），最高で 20°C（9 年 5 月末），（8 年は 5 月欠測）である。25 m 層塩素量（換算）が 18.8～19.3‰（8 年），19.0～19.4‰（9 年），透明度が 5～29 m（8 年），5～36 m（9 年）で透明度の上限が大きく水温が低いが，大体熊野灘と似ている。なお昭和 9 年には 1 月中旬—2 月中旬に水温と透明度が異常に高くなつている。相模湾の方は昭和 5～13 年のそれぞれ 12～5 月の季節に数漁場について調べているので，筆者の示す熊野灘の結果と比べやすい。透明度の変動の幅が水温のそれより大きいこと，水温の変動が皿型を示すこと，透明度が 3，4 月には低く，5 月には昇る年と低い年とあることなどは全く同様であるが，水温の最低の月は木村の場合には少し遅く 3，4 月である（ただし水温は 50 m 層のもの）。なお木村の場合には塩素量はなく，プランクトンが 3 年ほど調査されている。その他についてもくわしく研究されているが，ここでは省く。

2.1.2 日々各層水温，塩素量，透明度の頻度分布と月平均値

ここに示した水温と塩素量は 25 m 層のみであるが，表層，10 m 層の資料も合せて，それぞれ頻度分布を計算したのが図 2.2.1～2.4.2 であり，月ごとの平均値を漁場別年別に求めたのが表 2.2.1～2.4 である。

まず漁場水温の全漁場の各年を加え合せた頻度分布（図 2.2.1）を見よう。これは平年型の分布を知るために作つたが，各深度とも左側の傾斜が急，右側は緩やかな山型で，15°C 付近に谷を持つ双峰型となつて

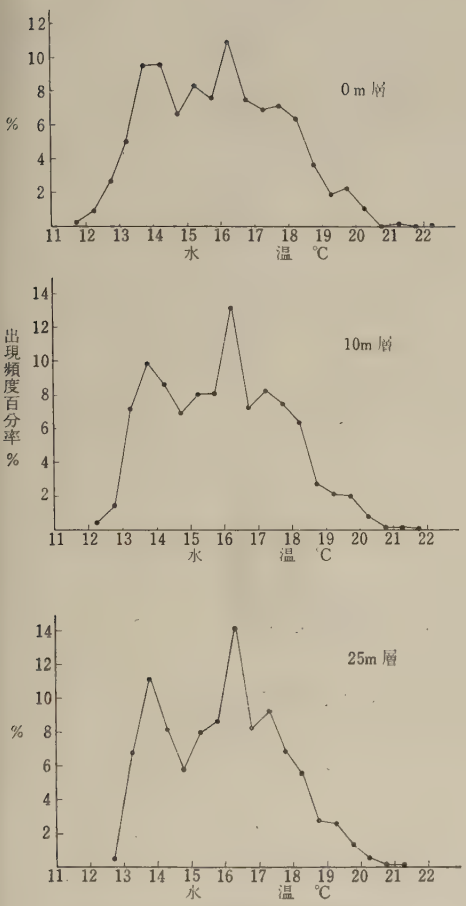


図 2.2.1　漁場水温の頻度分布

九木一，二，尾鷲，須賀利（32，33年）
島勝　（30，33，34年）
錦一，二，長島　（32，33，34年）
} 合計

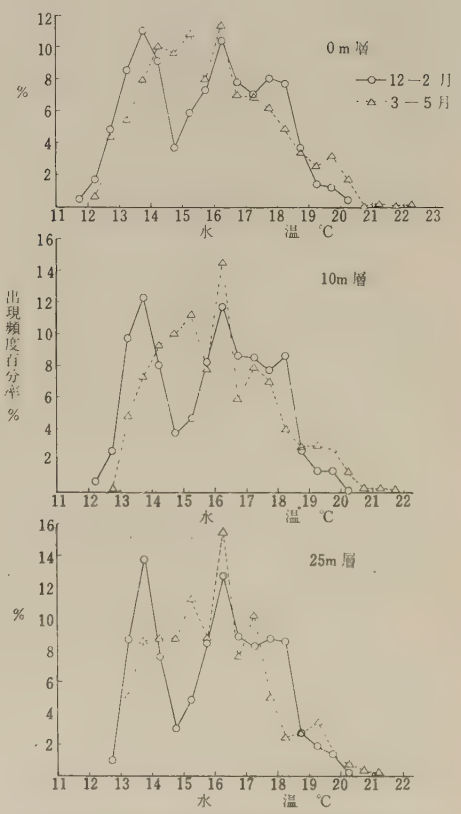


図 2.2.2　漁場水温の頻度分布　季節別

九木一，二，尾鷲，須賀利（32，33年）
島勝　（30，33，34年）
錦一，二，長島　（32，33，34年）
} 合計

いる。傾斜の点は一般的な性質であろうが，双峰型というのは平年型というべきか疑わしい。これは昭和30，34年が高温，32，33年が低温であつて，高温の年は低くても16°C前後であり，低温の年には13°C程度まで降るが，低い時期から高い時期への変動の期間が短かくなつており，最低の時期がかなり長く続くためであろう。これらの性質が重なつて15°C付近を示す日数が減るという結果になるわけである。しかし，水温の変動の形が図2.1の各図でわかるように皿型であることから，水温の頻度分布も正規分布よりは頭の平な山形になるのが普通と思われる。図2.2はそれを強調しているものであろう。なお左右が非対称で右の裾の方が長いことも上の皿型であるためである。次にこれを漁期の前半，後半別にした頻度分布（図2.2.2）を見ると，双峰型を示すのは12～2月という漁期の前半で，低温の日がこの時期に多いことを示す。なお漁場によつては漁期を通して観測が一様に行なわれていない場合もあるが，全観測日数が多いので，そのために起る分布の偏りは僅かである。

漁場塩素量（朝持）の頻度分布（図2.3.1）も水温の場合と同様な目的で作つた。観測が行なわれたのは，島勝で2漁期（昭和30，34年），尾鷲湾の九木一号，尾鷲などで2漁期（昭和32，33年であるが，何れの年も1漁期を通していないので，両年合せて正味1漁期半）であり，水温にくらべて観測日数ははるかに少

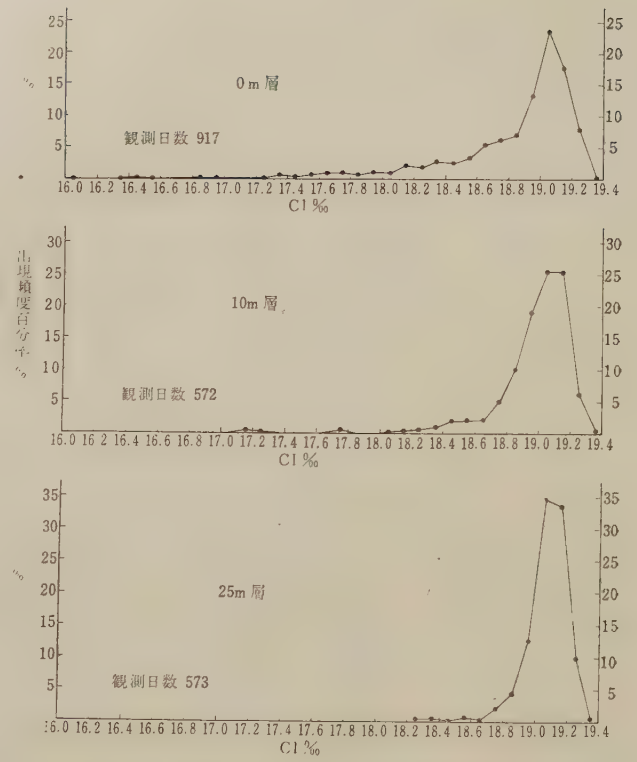


図 2.3.1 漁場塩素量頻度分布

島 勝（昭和 30, 34 年）
尾鷲湾（昭和 32, 33 年）

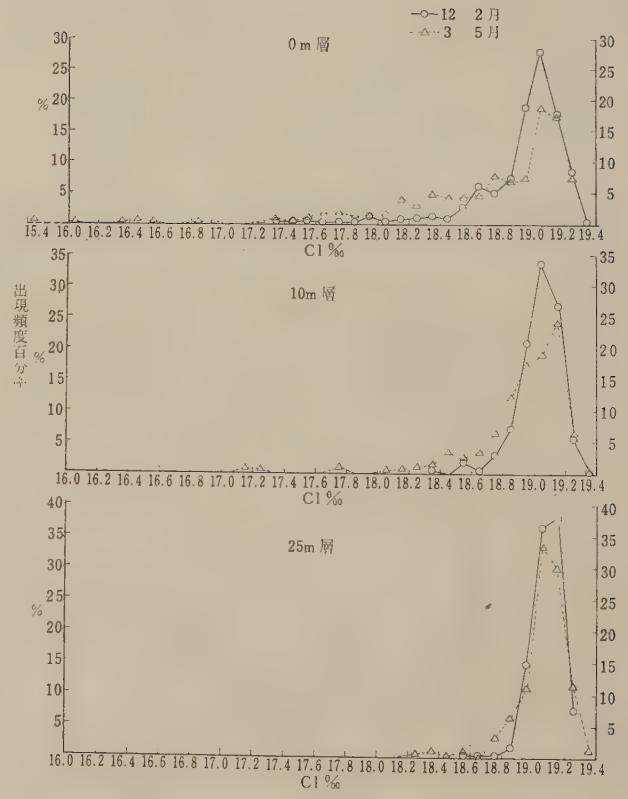


図 2.3.2 季節別漁場塩素量頻度分布

島 勝（昭和 30, 34 年）
尾鷲湾（昭和 32, 33 年）

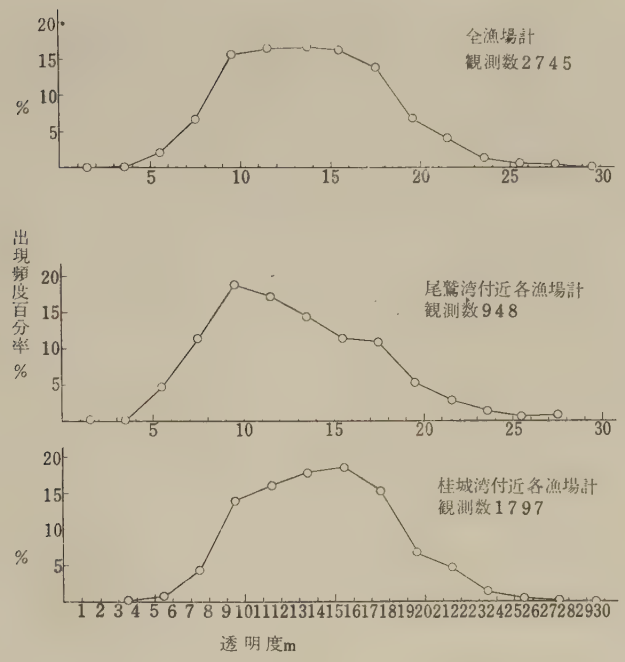


図 2.4.1 漁場透明度（朝持）頻度分布
尾鷲湾付近漁場―九木一，二号，尾鷲，須賀利（昭和 32，33 年）
桂城湾 〃 〃 ―島勝（昭和 30，33，34 年）長島，錦一，二号（昭和 32，33，34 年）

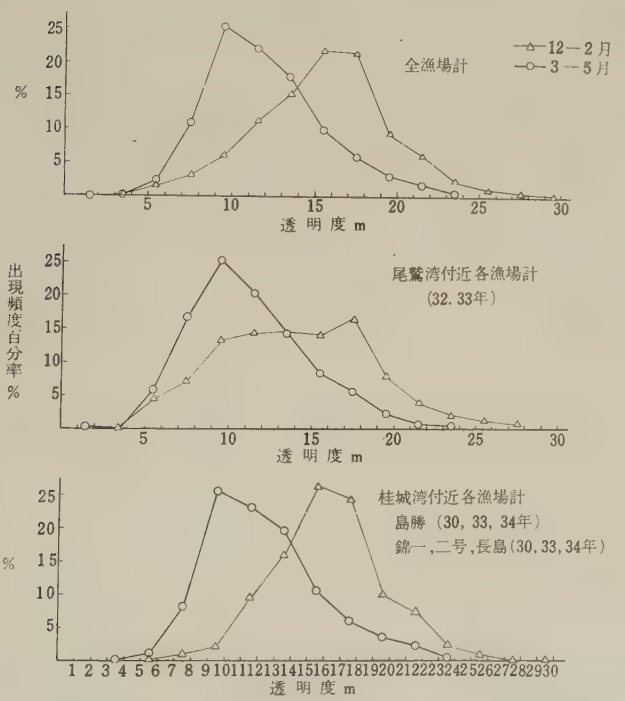


図 2.4.2 季節別（寒ブリ，彼岸ブリ別）漁場透明度（朝持）頻度分布

ない。また，尾鷲湾の各漁場では，1，2，3 月のみが 2 年分あるので，そのまま加えると，これらの月のものが強調されることになつて頻度分布に偏りを生ずる。この点を考え，補正するためこれらの月のみは加えて平均をとつた。図 2.3.1でわかるように，塩素量の分布は左右非対称の山形を示し，水温の場合とは反対に左側がゆるやかで右側が急な傾向を示している。ピークはどの深度でも同じく 19.0～19.2‰ の間にあるが，深度が小さいほど左の裾が長くなつて平均の塩素量が低い。最低の塩素量が深度によつて非常に異なつていることは，陸水が主として上層に拡がり塩素量が陸水の影響を強く受けて低くなることを示すと考えられる。このことはこの頻度分布を 12～2 月冬期の寒ブリの時期と 3～5 月春期の彼岸ブリの時期に分けた，図 2.3.2 を見るとはつきりする。上に述べた傾向は，この時期（季節）別で見ても同様である。冬と春の分布の差も深度の差で述べたのと同じようなことが言え，春と冬とで頻度分布のピークの位置はほとんど異ならず，19.0～19.2‰ であるが，左の裾の長さは両期でかなりの差異があり，春にはずつと長くなる。それは春になるとかなり低い塩素量が現われるようになり，変動の幅が大きくなることを示している。

漁場透明度（朝持）の頻度分布（図 2.4.1～2.4.2）を見ると，全漁場をこみにしたものは，水温や塩素量と異なつて，ほぼ左右対称で，頭がやや平である。これを尾鷲湾付近の九木から須賀利までの 4 漁場と桂城湾付近の島勝から錦までの 4 漁場にわけて見ると，かなりの差が現われる。また，漁期を前半（12～2 月）と後半（3～5 月）にわけるとその差が一層明瞭である。まず，図 2.4.1 で，尾鷲湾付近が桂城湾付近とくらべて分布の山が左にあることがわかる。これは容易に想像されるように，流入河川の数も陸水の出水量も尾鷲湾の方が多く，川口から漁場までの距離も尾鷲湾の方が短いので，陸水の影響の差によると見てよいであろう。ところが降水量が漁期の後半に多いのに，図 2.4.2 に見られるとおり，両湾の差が，前半の方が顕著なのは，漁期の後半の資料が尾鷲湾付近では昭和 33 年では 3 月のもののみで，透明度の低い 4，5 月を欠いているためであろうか。それから，資料の年が尾鷲湾付近と桂城湾付近とで異なり，共通なのは昭和 32，33 年のみであるので，年による透明度の差もここに含まれていることに注意せねばなるまい。

各月毎に計算した平均値を見よう（表 2.2.1～2.4）。月毎に平均した上でさらに漁期でまとめて平均したが，観測のない月がある場合には漁期平均に意味がないので，平均値を（ ）でかこつて置いた。観測深度は 0，10，25 m で，まれには底での観測値もある。これら

表 2.2.1 水温 昭和29年12月 ～ 30年 5 月
漁場別，深度別，月別平均値（朝持）

島勝

月＼深度	0 m	10 m	25 m	底（45 m）
12	18.85	18.45	18.39	18.31
1	16.83	16.96	16.91	16.75
2	16.24	16.30	16.28	16.16
3	16.09	16.36	16.33	16.29
4	17.36	17.38	17.40	17.02
5	19.14	19.02	18.65	18.12
平 均	17.42	17.41	17.33	17.11

表 2.2.2 水温 昭和31年12月～32年5月 漁場別，深度別，月別平均値（朝持）

	九木一号			九木二号			尾 鷲			須賀利		
月＼深度	0 m	10 m	25 m	0 m	10 m	25 m	0 m	10 m	25 m	0 m	10 m	25 m
12	17.15	—	—	17.93	—	17.43	—	—	—	—	—	—
1	15.18	—	—	15.15	—	—	15.38	—	—	14.93	—	—
2	13.39	13.20	13.38	13.78	—	—	13.00	—	—	14.24	—	—
3	13.97	13.78	13.78	14.04	—	—	13.47	13.94	13.85	14.38	—	—
4	15.82	15.64	15.27	15.78	—	—	15.65	15.35	15.07	15.60	—	—
5	18.35	18.05	16.75	18.27	—	—	17.70	17.54	16.70	17.91	—	—
6				20.70	—	—						
平 均	15.64	(15.17)	(14.80)	16.54			15.04	(15.61)	(15.21)	(15.41)		

月＼深度	島勝 0 m	島勝 10 m	島勝 25 m	長島 0 m	長島 10 m	長島 25 m	錦一号 0 m	錦一号 10 m	錦一号 25 m	錦二号 0 m	錦二号 10 m	錦二号 25 m
12				17.69	17.77	17.71	17.40	17.42	17.27	17.93	17.93	17.77
1				14.99	15.01	14.92	15.11	15.07	14.95	15.36	15.41	15.38
2				13.51	13.55	13.44	13.80	13.86	13.93	13.62	13.65	13.64
3				13.87	13.88	13.72	14.44	14.47	14.32	14.09	14.09	14.03
4				15.33	15.24	14.86	15.81	15.61	15.35	15.49	15.30	15.11
5				18.25	18.04	17.25	18.71	18.26	17.75	17.56	17.35	16.99
平均				15.61	15.58	15.32	15.88	15.78	15.60	15.63	15.62	15.49

表 2.2.3　水温　昭和32年12月～33年5月　漁場別，深度別，月別平均値（朝持）

月＼深度	九木一号 0 m	九木一号 10 m	九木一号 25 m	九木二号 0 m	九木二号 10 m	九木二号 25 m	尾鷲 0 m	尾鷲 10 m	尾鷲 25 m	須賀利 0 m	須賀利 10 m	須賀利 25 m
12	17.42	—	—	18.20	—	—	16.76	17.20	17.37	—	—	—
1	14.70	14.90	14.88	17.56	15.15	—	14.33	15.03	14.87	—	—	—
2	12.76	12.70	13.35	13.01	13.58	13.77	12.61	13.49	13.66	13.46	13.55	—
3	14.07	13.68	13.73	14.23	14.37	14.24	13.98	14.26	14.25	14.59	14.60	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15.51	15.51	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19.18	18.98	—
平均	(14.74)			(15.75)			(14.42)	(15.00)	(15.04)	(15.69)	(15.66)	

月＼深度	島勝 0 m	島勝 10 m	島勝 25 m	島勝 底(45 m)	長島 0 m	長島 10 m	長島 25 m	錦一号 0 m	錦一号 10 m	錦一号 25 m	錦二号 0 m	錦二号 10 m	錦二号 25 m
11					18.92	19.57	19.57				19.32	19.20	19.10
12	17.08	17.47	17.43	17.26	17.98	17.94	17.95	17.84	17.65	17.59	17.96	17.84	17.78
1	15.20	15.23	15.44	15.29	15.23	15.28	15.21	15.31	15.15	15.15	15.32	15.26	15.18
2	13.11	13.62	13.75	13.74	13.32	13.34	13.79	13.58	13.51	13.51	13.63	13.62	13.60
3	13.98	14.37	14.35	14.22	14.20	14.16	14.12	13.92	13.27	13.27	14.37	14.32	14.32
4	15.53	15.75	15.53	15.40	15.32	15.27	15.16	15.58	15.43	15.43	15.54	15.44	15.29
5	18.55	18.83	18.63	18.25	19.21	19.09	18.73	18.80	18.53	18.55	18.40	18.31	18.11
平均	15.58	15.88	15.86	15.69	(16.31)	(16.38)	(16.36)	15.84	15.59	15.58	(16.36)	(16.28)	(162.0)

表 2.2.4　水温　昭和33年12月～34年5月　漁場別，深度別，月別平均値（朝持）

月＼深度	島勝 0 m	島勝 10 m	島勝 25 m	島勝 底(45 m)	長島 0 m	長島 10 m	長島 25 m	錦一号 0 m	錦一号 10 m	錦一号 25 m	錦二号 0 m	錦二号 10 m	錦二号 25 m
12	17.72	17.70	17.75	17.60	18.11	18.32	18.12	18.00	17.90	17.91	18.79	18.75	18.71
1	16.48	16.52	16.52	16.48	16.69	16.67	16.58	16.50	16.34	16.31	16.79	16.75	16.67
2	16.15	16.44	16.58	16.42	16.48	16.52	16.50	16.34	16.31	16.29	16.54	16.51	16.47
3	15.82	15.99	16.30	16.27	16.16	16.14	16.09	16.04	16.06	16.05	16.26	16.28	16.20
4	16.18	16.44	16.53	16.50	16.24	16.27	16.27	16.67	16.28	16.28	16.20	16.21	16.19
5	18.33	18.29	18.05	17.58	18.10	18.05	17.83	18.42	18.12	17.98	17.88	17.61	17.12
平均	16.78	16.90	16.96	16.81	16.96	17.00	16.90	17.00	16.84	16.80	17.08	17.02	16.89

表 2.3.1 塩素量 漁場別，深度別，月別平均値（朝持）

昭和32年2月～5月

漁場 / 深度 / 月	九木一号			九木二号			尾鷲			須賀利		
	0 m	10 m	25 m	0 m	10 m	25 m	0 m	10 m	25 m	0 m	10 m	25 m
2	18.99	19.04	19.09	19.04	—	—	18.89	19.08	19.10	19.06	—	—
3	19.16	19.16	19.24	19.18	—	—	18.99	19.09	19.15	19.01	—	—
4	18.76	19.05	19.14	—	—	—	18.63	19.12	19.16	18.98	—	—
5	18.41	18.81	18.99	—	—	—	18.05	18.94	19.04	18.84	—	—
平均	18.830	19.015	19.115	(19.11)			18.640	19.058	19.113	18.97		

昭和32年12月～33年3月

漁場 / 深度 / 月	九木一号			九木二号			尾鷲			須賀利		
	0 m	10 m	25 m	0 m	10 m	25 m	0 m	10 m	25 m	0 m	10 m	25 m
12	—	—	—	18.89	—	—	18.79	18.91	18.98	—	—	—
1	18.98	19.01	19.06	19.00	—	—	18.82	18.99	19.06	19.07	—	—
2	18.70	18.89	19.03	18.81	19.04	19.10	18.50	19.06	19.10	19.05	—	—
3	18.89	19.00	19.09	18.78	18.99	19.05	18.45	19.06	19.11	19.12	—	—
平均	(18.857)	(18.967)	(19.060)	18.87	(19.015)	(19.075)	18.64	19.005	19.063	(19.08)	—	—

表 2.3.2 塩素量 年別，深度別，月別平均値（朝持） 島勝漁場

年 / 深度 / 月	昭和29				30				34			
	0 m	10 m	25 m	底	0 m	10 m	25 m	底	0 m	10 m	25 m	底
12					18.83	18.96	18.98	18.97	18.85	19.01	19.05	19.09
1					19.12	19.12	19.12	19.12	—	—	—	—
2					19.21	19.18	19.19	19.19	18.77	18.98	19.02	19.12
3					19.02	19.09	19.12	19.16	18.76	18.88	19.03	19.12
4					18.85	18.99	19.08	19.12	17.94	18.47	18.78	18.94
5					18.21	18.64	18.89	19.01	17.54	18.07	18.55	18.93
6	17.35	18.49	18.81	18.94								
7	17.09	18.13	18.62	19.03								
8	17.95	18.40	18.84	19.08								
9	17.23	18.02	18.52	18.96								
10	17.96	18.11	18.37	18.71								
11	18.80	18.81	18.82	18.88								
平均	17.73	18.33	18.66	18.93	18.87	19.00	19.06	19.10	(18.37)	(18.68)	(18.89)	(19.04)

表 2.4　透明度　漁場別，月別平均値（朝持）

漁場 / 昭和年 / 月	九木一号		九木二号		尼鷲		須賀利	
	32	33	32	33	32	33	32	33
12	15.1	*14.3*	17.2	*15.6*	12.2	10.7	—	—
1	*18.3*	13.2	*18.1*	14.9	*19.1*	11.3	*19.6*	—
2	11.7	**8.0**	14.6	8.7	11.6	**9.4**	17.2	9.9
3	**9.0**	11.7	**9.4**	13.2	**8.1**	*12.7*	**10.1**	13.6
4	11.5	—	12.5	—	13.5	—	10.8	—
5	9.7	—	10.1	—	11.3	—	11.4	—
平均	12.6	(11.8)	13.7	(13.1)	12.6	(11.0)	(13.8)	(11.8)

漁場 / 昭和年 / 月	島勝				長島			錦一号			錦二号		
	29	30	33	34	32	33	34	32	33	34	32	33	34
12		15.5	*19.1*	*16.7*	18.8	17.1	*18.5*	14.1	*15.6*	*18.0*	14.6	14.8	17.3
1		*16.7*	16.1	15.5	*21.3*	*17.5*	17.5	*17.2*	15.5	16.2	*17.3*	*15.5*	17.7
2		*16.7*	**9.9**	14.5	18.7	14.9	17.4	14.4	11.9	15.6	14.3	14.1	*18.0*
3		**11.0**	11.6	12.2	**11.3**	15.5	13.4	**10.2**	11.6	13.2	**9.8**	13.3	13.2
4		13.0	10.1	11.7	12.4	**13.1**	12.3	11.0	**9.8**	**11.3**	10.1	**11.6**	12.0
5		12.3	13.3	**11.5**	13.6	16.9	**12.2**	13.3	12.4	11.7	12.1	17.1	**10.7**
6	12.9												
7	12.3												
8	15.0												
9	10.2												
10	11.0												
11	13.7												
平均	12.5	14.2	13.4	13.7	16.0	15.8	15.2	13.4	12.8	14.3	13.0	14.4	14.8

註　斜体数字は最高の月　　太字は最低の月

を通覧すると，水温で，12～3月には深さで値があまり大きく異ならないが，4，5月には相当変つて表層ほど温度が高い。1，2，3月には表層の方が逆に下層より低いこともしばしば起つて対流の烈しいことを物語つている。塩素量（表 2.3）ではやはり 4，5月には上，下層の差異がとくに大きくなるが，その他の月でも逆に上層の方が塩素量の大きいことはきわめて稀である。これらのことよりまず成層期は4月以降と見てよいであろう。透明度（表2.4）では，漁期中で最も高い月は漁場により年によつて異なるが，ほとんど12月か1月であり，最も低い月は2月から5月にわたつているが，一番よく現われるのは3月であり，4月がこれに次ぐ。年による差は漁場によつて異なるが，最低透明度が昭和32年には3月に現われていることは全漁場共通であり，34年には多くの漁場で5月に現われていること，最高透明度が32年には各漁場とも1月に現われていることは注目すべきである。なお水温の高い年に透明度も高いとは限らぬようである。

また塩素量の大小には降水量の影響もかなりあると思われるし，島勝や長島漁場については昭和 33 年より宮川ダムからの発電用水が放出されているので，その点を注意するため，月降雨量と放水量の月平均値を，昭和30，34年両年について示した（表2.5）。島勝漁場で昭和34年は30年と比べて，水温は各層とも低く，透明度も漁期平均で 0.5 m 程度低いが，塩素量はとくにかなり下廻つている。34年の4月に前月より大幅に塩素量が下つているのは異常に降雨量が多かつたためと見ることができる。

表 2.5 島勝漁場，月平均塩素量と降雨量，放水量

深度 / 月	0 m	底との差	5 m	10 m	25 m	底	放水量 m^3/sec	降雨量 mm
29 年 12	18.83	0.14	18.91	18.96	18.98	18.97	0	122.3
30 年 1	19.12	0	19.12	19.12	19.12	19.12	0	91.7
2	19.21	0.02	19.19	19.18	19.19	19.19	0	87.0
3	19.02	0.14	19.07	19.09	19.12	19.16	0	206.3
4	18.85	0.27	18.97	18.99	19.08	19.12	0	237.9
5	18.21	0.80	18.51	18.64	18.89	19.01	0	208.3
33 年 12	18.85	0.24	18.93	19.02	19.06	19.09	9.2	155.7
34 年 1	(2) 18.90	—	(2) 19.09	19.1	19.1	19.1	5.0	76.6
2	18.76	0.36	18.93	19.00	19.04	19.12	10.9	216.0
3	18.73	0.39	18.84	18.87	19.02	19.12	9.4	52.1
4	17.95	0.99	18.23	18.48	18.78	18.94	13.8	582.7
5	17.55	1.39	18.03	18.06	18.55	18.94	18.9	235.1

註 1. 降雨量は長島中学観測
2. 放水量は塩素量観測日の前日のみをまとめた
3. 34 年 1 月は観測回数が僅か 2 回でこの値は平均としては信頼度が低い。

2.2 沿岸定地の海況の永年変動

取り上げた定点は，太平洋岸で野島埼，大王埼，潮岬，薩南で屋久島，東支那海で五島大瀬埼，日本海岸で禄剛埼である。太平洋岸中部に 3 カ所とつたのは，ブリ漁況や漁場海況の資料が熊野灘関係に多く，研究の重点もまたそこにあるからである。なお，大王埼のみは毎月 6 回の観測で少なく，歴史も浅いが，熊野灘のブリ漁況を考える上には重要な場所である。

海況要素としては資料のある表面水温と表面塩分のみであり，それぞれの年平均と，それぞれの場所でブリの盛漁期に対応する期間の平均を計算して長年にわたつて示した* (図 2.5.1～4)。

月々の定地水温と塩分の永年変動については，畑中 (1948a, b, 1949) が太平洋中部以北，とくに宮城県江の島について，冬，夏それぞれの移動平均曲線や，平年偏差の累積曲線，各年平均値の T. S ダイアグラムなどを作ることによつて論じ，鈴木 (1960) は江の島の資料によりこれとほぼ同じように累積曲線，T. S ダイアグラムを作つて，変動を考え，ブリ漁況との関連を述べている。筆者はここでこの永年変動についてくわしい研究を試みる考えはなく，前に述べたブリ漁況の永年変動との相関を見出さんがために，その資料として整理したのである。ただ，ちよつと注意したいのは，熊野灘中央部沿岸の水温や塩素量が，潮岬と大王埼の何れの定地観測値と変動がよく似ているかということで，表 2.2.1～2.3.2 とくらべ 1～4 月の平均値で見ても，図 2.6 の各定置漁場平均の表面水温を見ても近年は明かに大王埼の方が似ている。昭和 30 年には，沖合に大冷水塊が存在し，熊野灘の沿岸には西または南西流があるため，流れの道程から言つて大王埼の方がはるかに近いことが肯けるが，その他の年は必ずしもそうでなく，むしろ潮岬は黒潮の遠近に大きく影響を受けるのに，大王埼は沿岸性が強いためと考えられる。

2.3 尾鷲湾および島勝漁場付近の水温と塩素量の水平分布

前に述べたように，熊野灘中部の尾鷲湾において，熊野川水系を利用する発電計画により，湾奥に多量の淡水が放出される計画に伴つて，昭和 32 年 1 月～昭和 33 年 3 月の間に 尾鷲湾放水影響調査団の手によつて，細密な海洋調査が行なわれた。観測地点は図 2.7 に示す約 53 点で，ほぼ 2～3 日毎に海洋観測を実施し

* これらの資料は東海水研所蔵のものと東京水産大学吉原友吉教授所蔵のものを参照した。

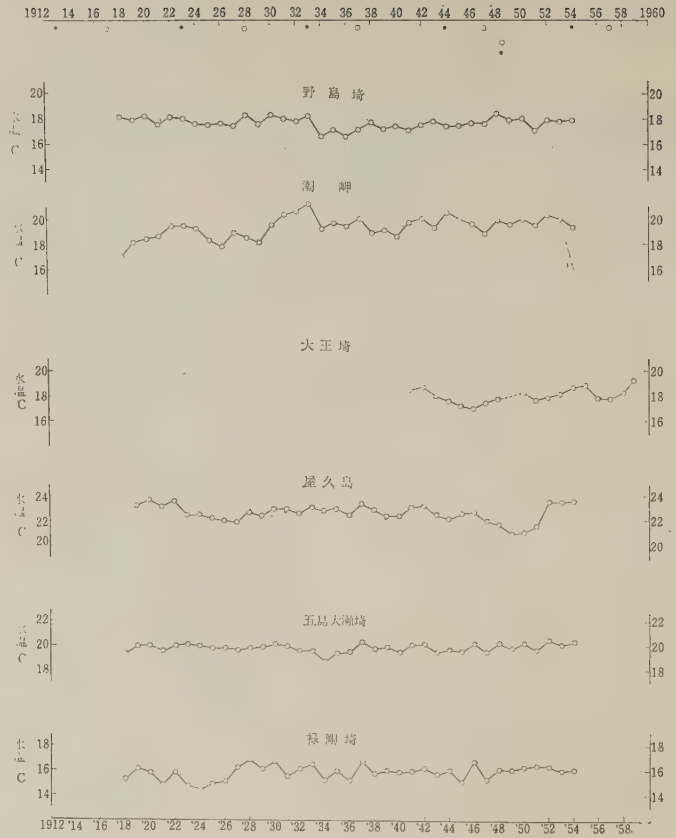


図 2.5.1 各地定地観測表面水温（年平均）

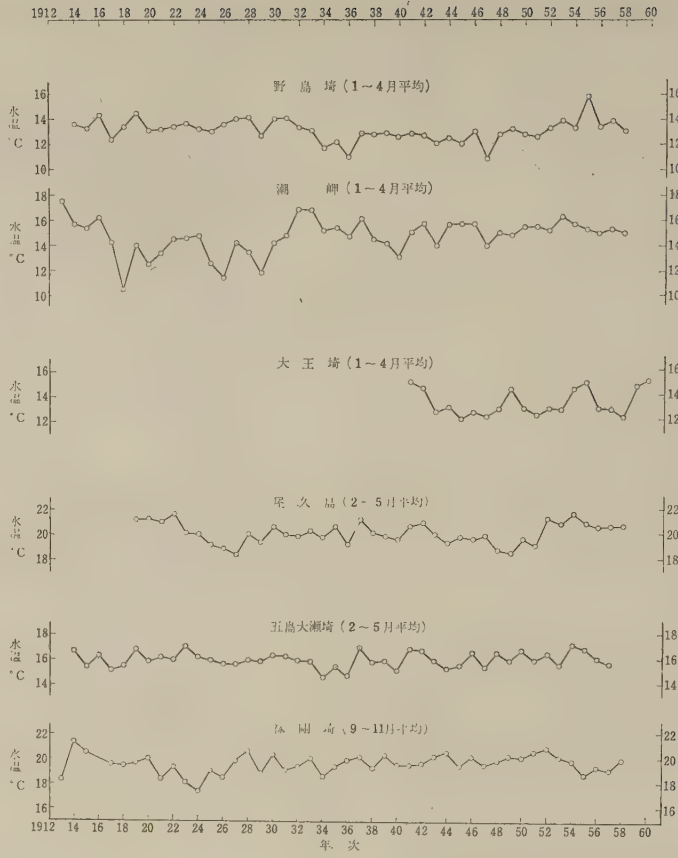


図 2.5.2 各地定地観測表面水温

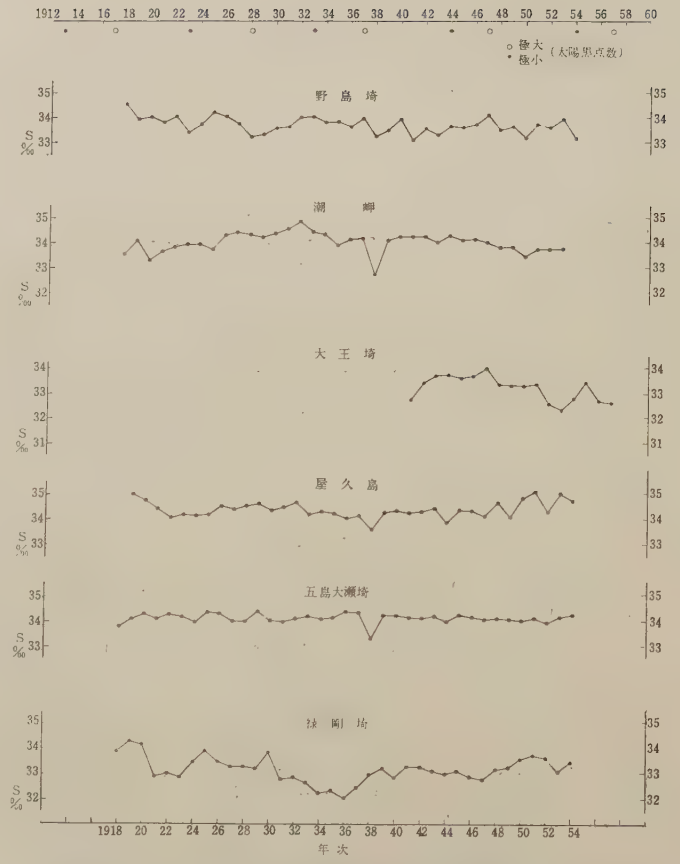


図 2.5.3 各地定地観測表面塩分（年平均）

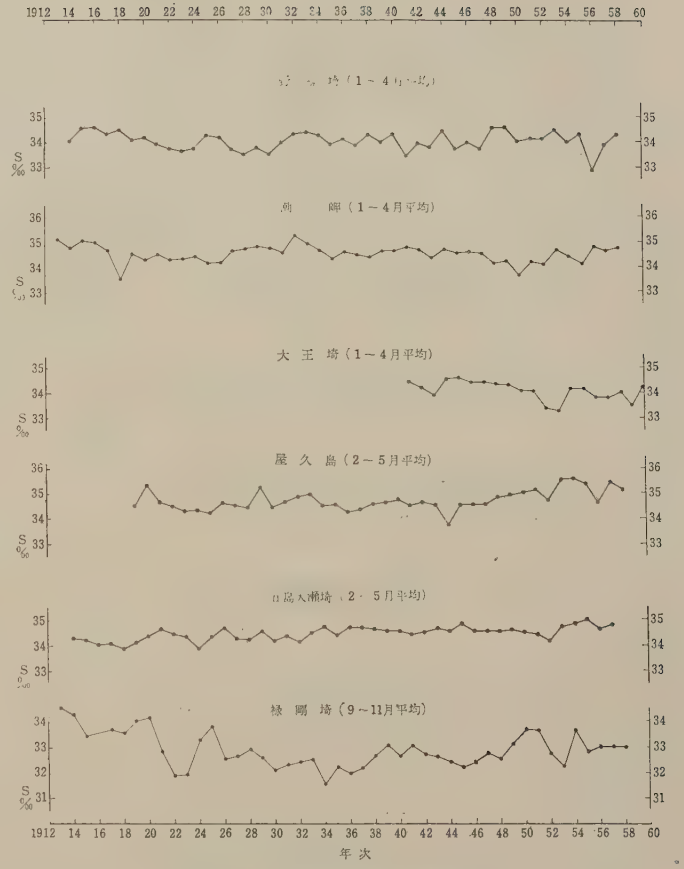


図 2.5.4 各地定地観測表面塩分

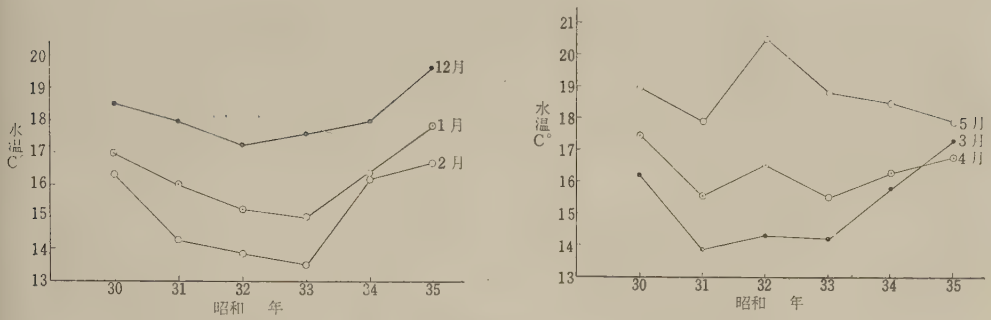


図 2.6　三重県各定置漁場平均　月平均水温（表層）
（三重水試尾鷲分場ブリ漁獲統計表による）

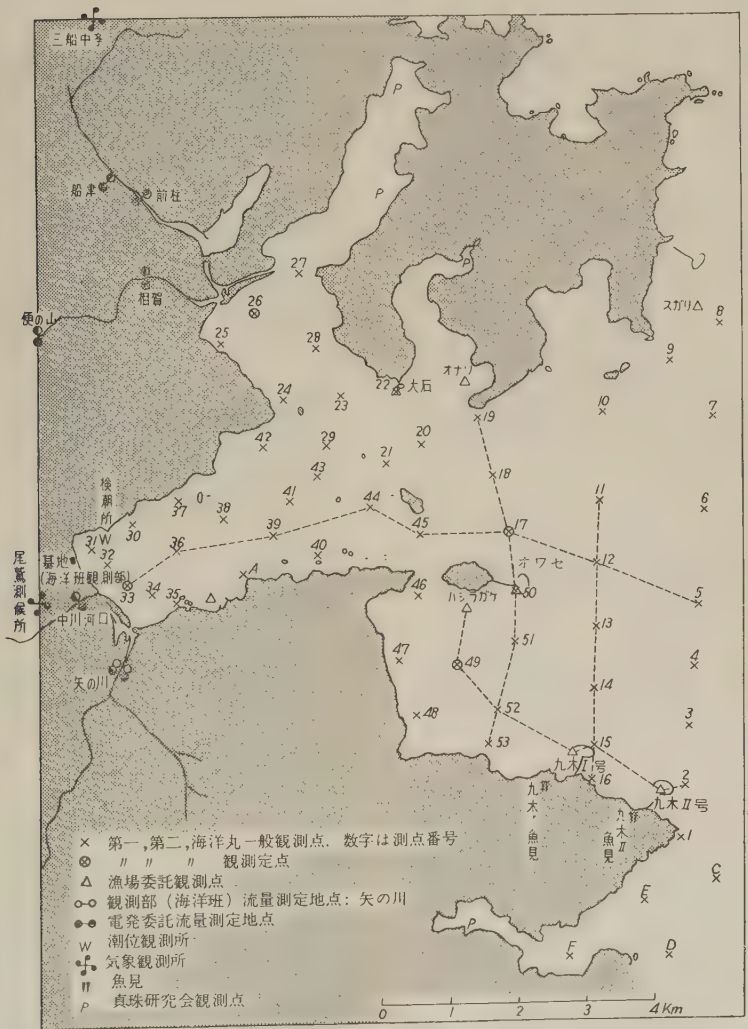


図 2.7　尾鷲湾海洋調査地点図

た。一体定置網のところの海況がブリ漁況と密接な関係にあることはもちろんであるが，そこの海況がよくても定置網に至る魚道の海況が不適当ならばブリの入網は期待できないであろう。尾鷲湾内の九木一，二号と尾鷲漁場へのブリの魚道は主として東北から尾鷲外湾の北端をかすめて外湾内に入り込む形となり外湾を反時計まわりに動いているので（宮本，1956a，野沢・間庭・田原，1960），尾鷲外湾一帯はブリ魚道として重要な場所である。筆者は上に述べた 53 点の観測のうち，外湾部のそれに主眼をおき，水温および塩分の水平分布に関して研究を行なつたのである（栗田，1960c）。

周知のように，沿岸においては外洋とくらべて海況の空間的時間的変動がはるかに大きいので，海況の観測も細密でなければ価値が低い。空間的に細かく見るばかりでなく，その空間的の分布の時間的変動について，少なくとも 2,3 日に 1 回の観測を行なわなければ法則性を求めるには至るまい。このような要請に応ずるような調査は，従来定地の観測の外はほとんどなかつたと言つてよい。尾鷲湾で行なわれた調査はその点で，非常に貴重なものである。もつとも，その前に隣の島勝漁場近海（柱城湾の一部）の 8 点で，昭和 29 年 5 月～30年 5 月にわたり，連日海況観測を行なつているものが挙げられるが，これについては後に述べる。

2.3.1 尾 鷲 外 湾

上に述べた資料に基づいて求めた尾鷲湾における冬ブリの時期の表面水温および塩分の水平分布図(74枚)（同調査団，尾鷲湾表面塩素量，水温分布図，1957～58）を調べると，次のことに気がつく。(10，25 m 層の観測も時々あるが，回数も測点も少なく，統計的の吟味には適しないので省いた。)

図 2.8.1 表層水温塩素量水平分布図 A型

図 2.8.2 表層水温塩素量水平分布図 B型

図 2.8.3 表層水温塩素量水平分布図 C型

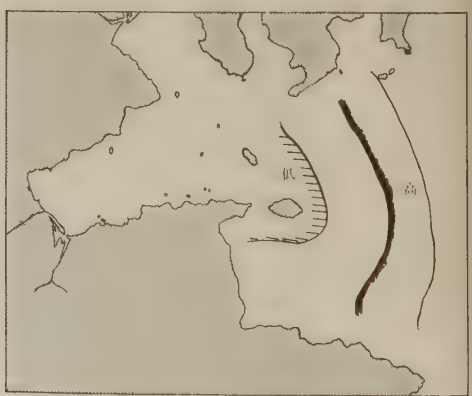


図 2.8.4 表層水温塩素量水平分布図 D型

i)　水温の分布と塩分のそれとはよく似ている。

ii)　大部分の水平分布は4つの型に分類できる。

i) のことは冬ブリの時期には，沿岸は低温で低鹹，外洋は高温で高鹹であること，水平分布は主として沿岸水と外洋水の入り混り工合を表わしていることを考えれば当然であろう。ii) の点は興味があるが，図 2.8.1～4 にそれを模式的に示し，図 2.9.1～4 に実例を挙げた。これらの型の観測頻度は表 2.6 のとおりである。

表 2.6　海況標準型水平分布の観測頻度（尾鷲外湾）
昭和32年2～5月，昭和32年12月～33年4月

海況の型	A	B	C	D	ABCD 小計	その他	計
観測頻度	8	10	25	11	54	20	74

図 2.9.1　表面水温分布図 A型
昭和32年3月24日　9h12m～14h56m
（九木二号　夕持200尾）

図 2.9.2　表面水温分布図 B型
昭和32年4月24日　8h45m～14h37m
（尾鷲　朝持34尾）

図 2.9.3　表面水温分布図 C型
昭和33年2月27日　11h57m～14h47m
（尾鷲　朝持532尾，須賀利　朝持1,354尾）

図 2.9.4　表面水温分布図 D型
昭和32年3月12日　9h10m～12h42m
（須賀利　朝持2,621尾）

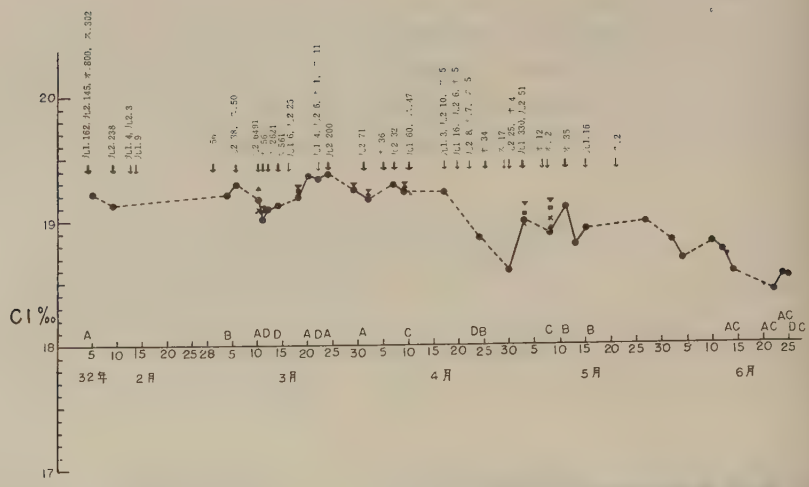


図 2.10 外洋系水塩素量（各層）の

図中 九1……九木一号, 九2……九木二号,
数字はブリの漁獲尾数（海洋観測の日のみ）
太い矢印は 30 尾以上の場合
A, B, C, D は塩分（水温）水平分布の型

次にこれらの標準型の成因を考えるに，この時期には水温や塩分の高低で外洋水と沿岸水の区別が容易にできるし，水平分布を表わす等量線によつて流れの模様も水温の勢力もほぼ推察できる。その上に資料から見て時間的の変動を推察したが，それを表 2.7 に示す。なお，これらの標準型の形成される日と前後の観測をくらべると，一般に漁場付近の水温や塩素量が上昇しつつある時に当つていることに注意したい。尾鷲湾の流線は，坂本 (1960a) によれば，外洋水の流入が主として湾の北岸寄りに行われ 沿岸水の流出は南岸寄りであるが，外洋水には南岸に向う南西流もあることを示唆している。石井・宇野・小長谷 (1960) は沖合の流れ藻を追う漁業者の意見などによつて尾鷲湾沖合の海流には北向と南向の場合とがあるというが，これらは筆者のこれまで述べたことと矛盾していない。

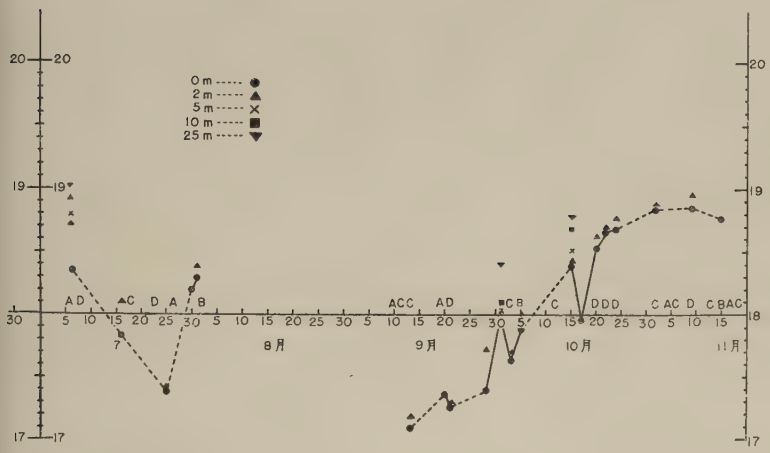
表 2.7 各標準型における水塊の強弱，流れ

型	外洋水流入	沿岸水流出
A	南西流が強く，北西流が弱い	現在は弱いが，少し前に強かつた
B	南西流が現在はあまり強くないが，少し前に強かつた	普通の強さ
C	南西流，北西流共に強い	強い
D	弱い	普通の強さ

なお湾内に入り込む外洋水の変動をみるため，図 2.7 に示す観測点のうち最も外側にある 1～9 の塩素量のうち，最も高いものを昭和 32 年 2 月～ 11 月にわたつて観測日毎に示したのが図 2.10 である。同図には下層の塩素量もところどころに示し，また湾内の各定線の海洋観測を行なつた日の冬ブリの漁況をも併記してある。

2.3.2 島勝漁場付近（桂城湾西部）

前に述べたように，桂城湾西部の島勝漁場付近では昭和 29 年 5 月より 1 年間，図 2.11 に示す定点（イ～チ）8 カ所において，連日海洋観測が行なわれた。この結果，渡辺 (1956) はこの範囲の水温，塩素量などの



経日変動と漁況，塩素量水平分布の型
オ……尾鷲漁場，　ス……須賀利漁場

変動範囲，年較差，飛躍層の有無と深度，最低水温（3月），最高塩素量（2月）などを求めた。この観測海域は範囲がせまく，冬ブリの時期について，筆者は水平分布を見ようとしたが，失敗に終つた。それは範囲がせまい(尾鷲外湾の1/2に足りない)ためばかりでなく，この時期は沿岸水の流出量が少なく，水温や塩素量の水平的の変動が尾鷲湾とくらべてはるかに小さいからである。しかし，4，5月頃には沿岸水の流出量が多いので，ある程度，水平分布も画けて，岸に沿うて反時計廻りの流れがあるらしいことが見られた。そこで問題の扱い方を変えて，各測点の塩素量の値を統計的に整理することによつて，水平分布と流況の概況を見ることにした。

まず，昭和29年12月～30年5月までの冬ブリの漁期に，それぞれの測点の日々の塩素量が8測点中で最高，または最低を示した日が何回あるかを表2.8に示した。最高または最低を示す点が日々1カ所とは限らないので，計のところで見られるように，その数字がかなり大きく，また深さでも大きく異なつている。

表 2.8　桂城湾西部（8観測点朝持）で最高，最低の塩素量を示した点の頻度（日数）
昭和29年12月～30年5月

a.　最高の塩素量をポす点の頻度

深度＼測点	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	ヘ	ト	チ	計
10 m	26	*23*	25	**56**	**48**	47	42	30	297
25 m	*33*	*33*	38	**73**	**53**	42	43	*33*	348
50 m	32	23	31	**60**	**51**	41	38	*20*	296

b.　最低の塩素量を示す点の頻度

深度＼測点	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	ヘ	ト	チ	計
10 m	**56**	**47**	35	*23*	31	31	31	32	286
25 m	**67**	**48**	42	26	*23*	30	35	**48**	319
50 m	**81**	47	35	*25*	*25*	30	31	**55**	329

注　最高も最低も測点が1カ所とは限らぬので計の数字が相当異なる。

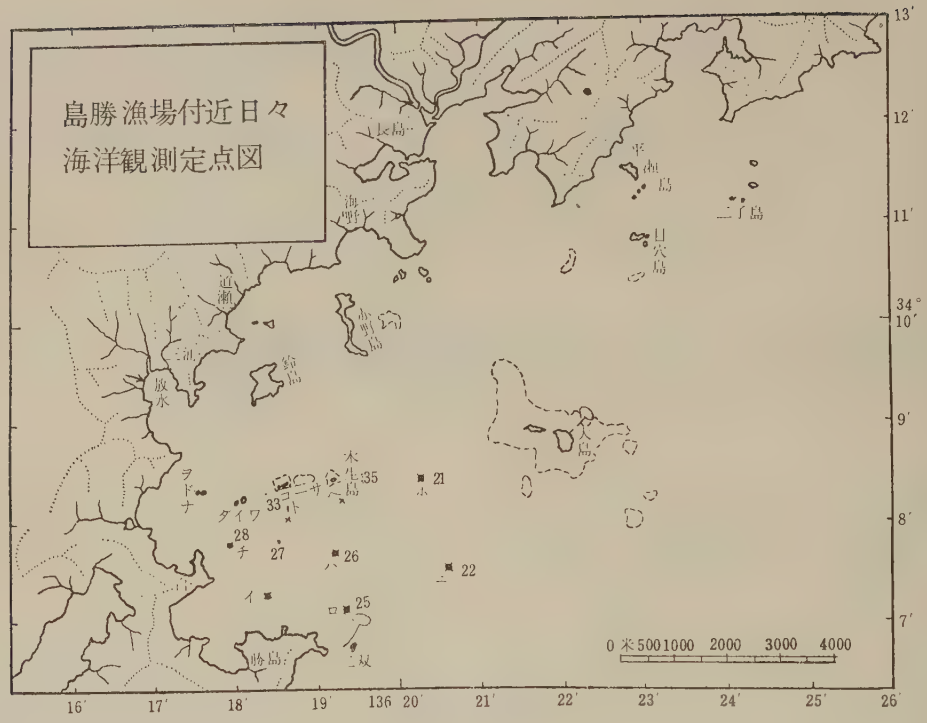


図 2.11

この表から，最高となることの多い測点は（ニ）で（ホ）がこれに次ぎ，最低の方は（イ）であつて（ロ）と（チ）がこれにつぐ。また当然のことながら最高を多く示す点は最低を示すことが最も少なく，最低を多く示す点はだいたい最高を示すことが少なくなつている。図 2.11 でわかるとおり，塩素量の最高を示すことの多い（ニ）と（ホ）はこの小海域の東の端であり，最低を示すことの多い（イ），（ロ），（チ）は西の端の陸岸に沿うたところである。外洋水は塩素量が高く，沿岸水は低いことを考え合せると，上の結果から，外洋水はこの小海域の北部へ東南東から流入し，沿岸水は岸に沿うて，西北西部か東南東へ向つて流出するように思われる。このことからこの小海域は反時計廻りの環流らしいものを形成していることになつて，前に 4,5 月頃の水平分布から推定したことと一致する。また，渡辺（1956）が桂城湾西部の上層海水の流動について，一昼夜連続測流，潮流板追跡，海流はがき拾上報告と密度分布から力学的に推算した流動を総合して，周年，岸に沿つて反時計廻りの流動が存在していると述べていることとも一致する。

次にこの小海域における塩素量の水平分布で変化の傾度の大小を，月別，深度別に見るため，毎日の最高値と最低値の差をとり，その大きさ別の頻度分布を求めたのが，表 2.9 である。これからいえることは，この差は 1 月に最も小さく 0.02‰ ていどであり，その後はだんだん大きくなり，5 月には平均 0.2‰ ていど，大きい日には 0.4‰ 近くになることもあること，深度別に見ると深いほどその差が幾分小さくなることである。図 2.10 で見られるとおり外洋水の塩素量は 3, 4, 5 月と漸次下つて来るから，この表のように最高と最低の差の大きくなつて行くことは，沿岸水の流出量が多くなつて行くことを示す。島勝漁場でこの期間に測つた日々の潮流の方向の頻度分布を調べると，図 2.12.1～2 のとおりで南東かそれに近い方向へ流れることが多い。これも上の推論と合つている。

表 2.9　桂城湾西部（8観測点朝持）で日々の塩素量の最高と最低との差の頻度分布

10 m 層

Cl の差 ‰	29年12月	30年1月	2 月	3 月	4 月	5 月	計
0 ～ 0.10	20	30	25	17	15	2	109
0.11 ～ 0.20	7			10	9	14	40
0.21 ～ 0.30	1			1	3	9	14
0.31 ～ 0.40					1	5	6
0.41 ～ 0.50			1				1
計	28	30	26	28	28	30	170
差の平均 ‰	0.09	0.02	0.05	0.09	0.12	0.22	0.10

25 m 層

0 ～ 0.10	21	30	25	26	22	8	132
0.11 ～ 0.20	7			2	6	18	33
0.21 ～ 0.30						3	3
0.31 ～ 0.40							
0.41 ～ 0.50			1			1	2
計	28	30	26	28	28	30	170
差の平均 ‰	0.07	0.02	0.04	0.05	0.08	0.14	0.07

50 m 層

0 ～ 0.10	22	30	25	28	26	15	146
0.11 ～ 0.20	5				2	13	20
0.21 ～ 0.30	1					1	2
0.31 ～ 0.40			1			1	2
0.41 ～ 0.50							
計	28	30	26	28	28	30	170
差の平均 ‰	0.08	0.02	0.05	0.05	0.05	0.12	0.06

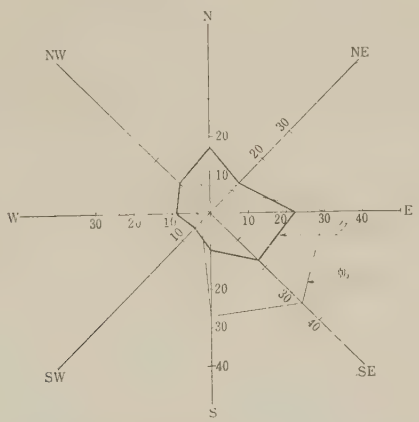


図 2.12.1　島勝漁場　流動方向別回数頻度分布（朝夕別）
昭和29年12月～30年5月

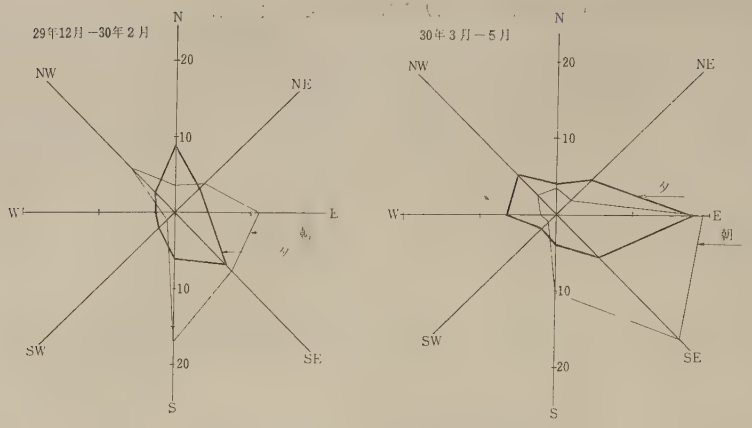


図 2.12.2 島勝漁場 季節別流動方向別回数頻度分布
昭和29年12月～30年5月

第 3 章　熊野灘ブリ定置網漁況と海況および気象との関係

ブリ定置網のように大魚群の来遊を待つ漁業では漁況の良否がとくに海況の如何に左右されることは今さらいうまでもあるまい。ブリ群が入網に至るまでの経過を考えると，まず常に個体の減耗，成長があり，再生産による魚群量の増加があつて，それには海況の如何が関係する。またブリ群がその海域へ移動し，回遊し，滞留するのは生理的の行動ではあるが，これまた海況の如何に大いに左右される。最後に，その定置網の近くに接岸し，入網するについては漁場付近の海況が支配的な要因となるであろう。このように漁況が海況に左右されるといつても，その海況は幾つかに分けることができる。ブリの資源量を左右する海況，ブリ群の回遊などを支配する海況，さらに接岸や入網に深い関係を持つ海況とさまざまな場所と規模についての海況が考えられるのである。

これらの海況に対応して漁況についても段階が考えられる。魚の側を見ると漁況を支配するのは資源の量——魚群の量とその行動である。魚群の量はその増減を知ることが容易でないし，その増減に関係する海況については，何時，何処のどのような海況を考えたらよいかさえもまだよく判つていない。また魚群の行動は広い範囲の回遊などと狭い入網行動とに分けられるが，海況との関係を研究するための自然界におけるその観測はまだ技術的に困難である。とくに広い沖合でのそれは極めて難しい。また実験的に研究することも親ブリの場合には多大の費用を要し，しかも自然の状態を再現する可能性にも疑問がある。そして回遊，移動を支配する海況については資源量の増減に関するものよりは参照すべき範囲が限定されはするが，よるべき海洋観測資料が時間的に非常に少ない。これらと異なり，定置網への入網に関しては直ちに日々の漁獲量の統計によつて判断ができるし，各定置漁場で日々，海洋観測を行なうこともそれほど困難でなくなり豊富に得られたため，海況と魚群行動の対応に基づいてその間の関係が客観的統計的に検討できる。

以上の理由で，ここでは漁況と海況との関係を，主としてブリ定置漁場附近について統計的に研究することにし，他の広い海域に関しては若干統計的に扱う程度にとどめることにする。これらの基礎とする資料は主として第 1 章，第 2 章で述べたものである。

3.1　ブリ定置網漁場付近の海況と漁況

ブリ定置網の漁況に直接関係する漁場付近における海況要素として，前章では一応各層水温，各層塩素量，透明度，流動とその分布を取り上げたが，ブリの入網に関係のある海況要素はもちろんこれだけではない。水色，プランクトン，pH，栄養塩類その他海洋観測項目として挙げられるものはみな一応関係があるものと考えてよかろう。しかし，ここでは現実に相当まとまつて資料の得られたもののみを取扱うことにする。

それからもう一つ注意すべきことがある。それは漁況に関係があるといつても，漁場における各海況要素がそれぞれ単独に現われるわけではなく，海洋環境は多くの海況要素を属性として同時に持つということである。したがつて，漁況に関係があるというのは，これらの要素（属性）の組合せが総合的に作用するということである。要素が n 個あるとすれば，或る海況というのは，数学的にいえば n 次元空間の一点で規定される。漁況と海況との関係はこの n 次元空間の各点すなわち海況のベクトルが，それぞれどのような漁況と対応するかということに外ならない。しかし理論的にはそうであつて海況と漁況が対応するといつても，実際問題としては漁場における海況のみで漁況がきまるわけでなく，いろいろな外の要素の影響も受けるわけである。そのなかには魚体の内的事情——発育の段階，産卵期にあるとか，索餌回遊の時期であるとかなど——のように分離して取扱えるようなものもあるが，多くの未知の要素の影響は引つくるめて統計的には漁況に確率変動を与えるものとして扱う外なく，標本誤差ということになるから，観測資料が多くないと漁況と海況の関係法則の判断が難しい。しかも，同時に扱う要素が多いほど，それぞれの要素の値を大ざつぱにわけないと，法則性を見出すためには海況のベクトルの資料が少な過ぎることになる。現実には観測資料は多くないし，観測されている海況要素は少ないので，結局は次の方法をとらざるを得なかつた。まず一応，各海況要素毎に独立に漁況との関係を見ること，次に 2 つずつの海況要素の組合せと漁況との関係をみることである。観測資料が最も多いのは水温と透明度で，塩素量はその半ばに及ばないので，3 つの海況要素の

組合せをとるまでには至らなかつた。

海況については上述のような単純化を行なつたが，漁況についてもやはり考慮を払つた。漁況という言葉にはいろいろな内容が含まれている。漁獲量の時間的空間的分布のみならず，その平年または前年との比較，初漁，終漁の遅速，豊凶の判断というような評価に関することも漁況といわれている。が，ここでは一応そのような複雑な内容を用いることなく，単純に或る一定量以上の漁獲をあげる機会の現われた割合で，漁況の良否を表わすことにする。法則性についての表現として，よい漁況とは一定以上の漁獲があげられる機会の現われ方が頻ぱんであるということである。具体的にいうと，漁場が或る海況を示した回数が N で，そのうちで一定以上の漁獲量をあげた回数が k とすれば，k/N はその出現率に対する標本値であるから，k/N を統計学的に見ることにより出現率の大小すなわち漁況の良否を判断するのである。同じ海況であつても，この出現率，つまり現われる確率は漁場により年により時により異なるとは考えられるが，場所と時をほぼ同じくする条件の下で，生態を等しくするものでは一定であつて，海況のみによつて変ると見られる。したがつて異なつた海況値間のこの確率の比は，共通な外的条件が或る範囲内でどう変つても一定であると考える。したがつて，幾つかの割合近い漁場の数年の資料からいろいろな海況の値について $\sum k/\sum N$ を求めておけば，資料が多ければ $\sum k/\sum N$ は漁況の良否を表わす値で標本誤差の小さいものであつて 海況と漁況の関係曲線を与えることになる。筆者はこの方法で島勝漁場におけるいろいろな海況要素とブリの漁況との関係について曲線を求めた（栗田，1959）。

なお，前に一定以上の漁獲量と限つたのは，少量の漁獲の場合は漁獲に都合のよい海況とはいえないし，ブリでは毎回の漁獲には極めて大きな変動があり，少量では経営上からも無漁とあまり異ならないからである。

それから，ここでいう漁況との関係を魚群の行動と環境との関係として解釈するについて，海況要素はそのまま環境の属性であるが，よい漁況が具体的にどのような魚群の行動と対応するかは実は明かでない。ただ相当大量の魚群が揚網前に入網し，逃げなかつたということは事実であるから，細かい行動はともかくとして，その環境がブリの生存に適していたであろうと推定できるのである。魚群の行動と環境との関係について，生物試験が多く行なわれているが，その場合自然と同じような環境を作るのは容易でないし，また大型魚では自然に近い状態で観測することも困難であるから，ブリのような場合には生物試験のみに頼ることなく，統計的な漁況と海況との関係によることが必要と考えるのである。もつともこのような統計的研究では普通の海況要素や魚体の内的事情以外の，たとえば害敵に追われるというような条件は見逃し勝ちであるから，観測の付帯条件に十分注意する必要がある。前に述べたようにそのような条件は現われる回数が多くなければ統計的には標本誤差として扱うことができる。

なお，入網の時期は朝持に漁獲の見られるものでは前日の夜中で，夕持ならばその日中というわけである。前日の夜中の前半か後半かは判らないが，後夜の方がはるかに多かつたことを見た実験もある（橋本・西村・間庭，1960）。またハマチ（30～40 cm）が夜間には日中より動作が緩慢であつても静止することがないけれども，索餌の目的でないことを確かめた実験（井伊・井上・柘植・小川・内橋，1952：1953）もあつて，入網は暁方が多いのではないかとも想像させる。しかしとにかく，ここでは漁況は日々の漁獲尾数を資料としており朝持と夕持とを合せたものであるから，朝持はちようど入網時の範囲の中ほどに当つていることになり，漁況に対応する海況として当日の朝持の時の観測値を用いることが，この資料では最も合理的と考えられる。

3.1.1 漁場の水温と漁況

魚には体温調節の機能がないために，行動が環境の水温に著しく左右されることは広く知られている。ブリもその例外ではなく，定置網漁場に来遊し入網するという行動は，漁場の水温と深い関係を持つているであろう。そして漁場水温といつても時間的空間的にかなり変動があるので，どのような水温がブリの入網に好都合であり，或はそれを逃げるかという問題は中々簡単ではない。生理的にいつても，前述のように成魚と幼魚では異なるであろうし，季節によつても海域によつても違うかも知れない。というわけでこの問題は簡単に結論の出るものではないが，前述の方針に従つてまず，漁場の日々の朝持の各層水温と日々のブリ（6 kg 以上）漁獲尾数を使つて統計的に研究したのでここに報告する。資料の得られた漁場は，すでに述べ

たように熊野灘中部の九木一，二号，尾鷲，須賀利，島勝，長島，錦一，二号の8カ所，期間は 2～3 漁期で，漁場によつて異なる。漁期は12月～5月である。

3.1.1.1 漁場の各層水温値と漁況

従来普通に行なわれていたように漁獲された水温の範囲を調べ，水温値毎に漁獲尾数を比較する方法によると，それで判るのは漁獲水温ということであつて，生理的にブリに適した水温をそのまま反映するとは限らない。それはそのような水温値の観測される回数の多い少ないが含まれるからである。或る水温の観測される回数が他の水温より多ければ，ブリの漁獲される機会もそれだけ多くなるわけで，ブリの生理とは関係のない要素が混るのである。筆者はそのために前に簡単に述べたように漁況の良否を各水温ごとに観測回数に対する漁獲回数――一定尾数以上の――の比率の多少で見ることにした。1回のブリ漁獲尾数には甚しい変動があり，多い時には10万尾以上になつたことがあり（笠松，1934），数尾ということは最も多い。数尾というような僅かな場合は除くことにしても，数百尾，数千尾，或いは数万尾という差異は偶然によつて支配されることが多く，同じ海洋条件であつても，このような10倍，100倍という差を生ずるであろう。したがつて，統計的に取扱う場合には漁獲尾数そのものでは資料数がよほど多くないと変動が大き過ぎて法則性を見失い易いのである。漁獲回数ではその欠点を防ぐことができる。ただし，今はブリの入網に都合のよいていどを数字として求めたいので，1回の尾数の大小を全く無視することは危険で基準を設ける必要がある。尾数の少ない場合の海況は当然，入網に好都合であつたと積極的に主張するわけには行かない。海況が悪いために尾数が激減したとも考えられるからである。しかし前述のように，多い場合例えば数千尾の海況は数万尾の場合の海況と比べて悪いとは考えず，この間の尾数の違いはむしろ偶然のものと考えたのである。では1回に幾尾以上を好適と見なすかというに，これは難しい問題で，漁場によつても，年によつても異なるであろうが，ここでは統計資料の数をも考え（あまり尾数を多くすると回数が少な過ぎて統計的な検討が不可能となる），一応100尾以上とした。これでも，漁場によつては一漁期にほんの数回ということがあるが（尾鷲，長島），漁場による適温の差はないものとしてまとめるので差支えないのである。以下各海況要素について漁況の良否は特別の場合を除いてすべてこの100尾以上漁獲の出現率，すなわち

表 3.1　ブリ100尾以上漁獲の日の尾数計と日数の，全数に対する比率

A……総漁獲尾数に対する比
B……総漁獲日数に対する比

漁場	期間（年月）	A	B	総漁獲尾数	総漁獲日数
九木一号	31.12—32.5	0.84	0.12	4,618	60
	32.12—33.5	0.95	0.30	10,958	47
九木二号	31.12—32.5	0.91	0.23	12,002	65
	32.12—33.5	0.95	0.49	8,314	43
尾鷲	31.12—32.5	0.78	0.08	3,015	51
	32.12—33.5	0.96	0.19	5,033	27
須賀利	32. 1—32.5	0.91	0.31	7,514	42
	33. 1—33.5	0.97	0.37	21,389	38
島勝	29.12—30.5	0.99	0.44	121,621	95
	32.12—33.5	0.97	0.30	9,228	40
	33.12—34.5	0.97	0.32	33,194	84
長島	31.12—32.5	0.78	0.08	2,252	61
	32.12—33.5	0.87	0.09	2,223	23
	33.12—34.5	0.83	0.15	6,004	60
錦一号	31.12—32.5	0.93	0.33	7,993	36
	32.12—33.5	0.96	0.24	9,078	42
	33.12—34.5	0.95	0.39	22,041	67
錦二号	31.12—32.5	0.91	0.10	7,155	61
	32.12—33.5	0.93	0.24	4,537	42
	33.12—34.5	0.88	0.23	8,600	56

100 尾以上漁獲日(回)数/海況出現(観測)日(回)数で見ることにする。

なお1回(日)に100尾以上漁獲されることが，各漁場の漁況としてどのていどの意味を持つかを統計的に見るために，表3.1を作つた。これによると，100尾以上漁獲された日数が，総漁獲日数の中1～4割ていどに過ぎないのに，100尾以上漁獲された日のみを集めた漁獲尾数の合計は総漁獲尾数の8割以上，大半は9割以上を占めるので，漁況の良いことの基準としてまず適当と考えられる。

さて，以上の考え方で，前述のように九木一，二号，尾鷲，須賀利(以上昭和32年1月—33年3月)，島勝(昭和30，33，34年)長島，錦一，二号(以上昭和32，33，34年)，について何れも冬ブリの時期の，各水温の観測回数，とそれに対応する100尾以上ブリ漁獲の出現率を取りまとめたのが，図3.1.1～3.1.3である。水温は表層のみならず，ブリの遊泳層に近い10，25m層についても取扱つた。それから，この方面の漁場では，冬ブリの時期は12月—5月であるが，この期間の前半と後半では魚体にも行動にも差が見られる。3月頃には両方が入り混つていて，かく然と別れているわけではないが，

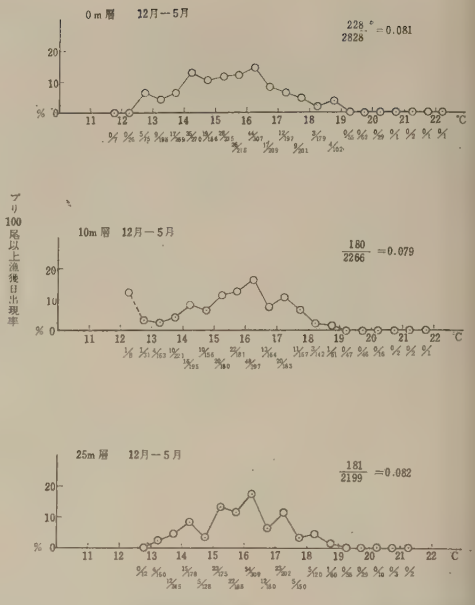


図 3.1.1　漁場各層水温とブリ100尾以上漁獲日出現率の関係
(島勝30，33，34年，尾鷲湾全漁場32，33年，錦一，二号，長島32，33，34年　合計)

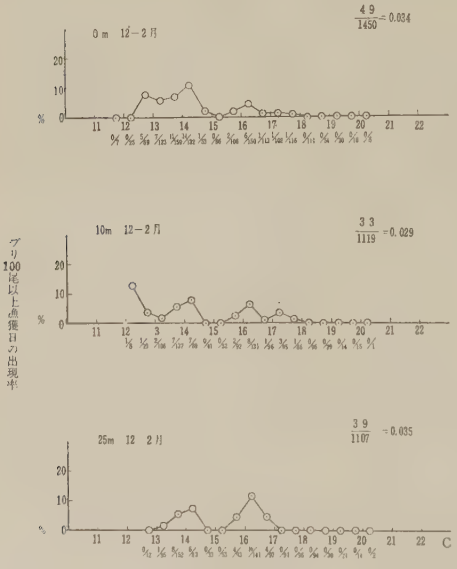


図 3.1.2　漁場各層水温とブリ100尾以上漁獲日出現率の関係
(島勝30，33，34年，尾鷲湾全漁場32，33年，錦一，二号，長島32，33，34年　合計)

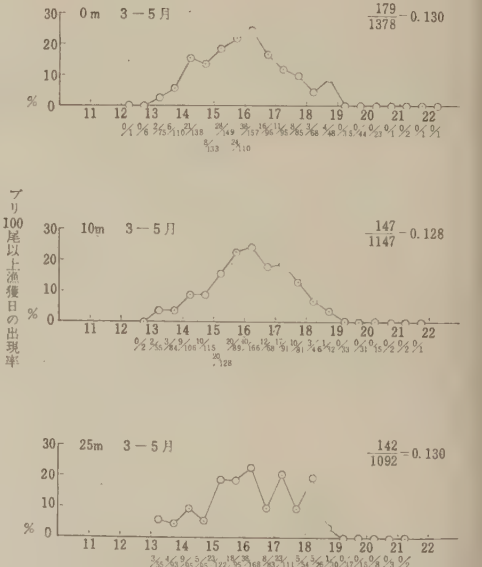


図3.1.3　漁場各層水温とブリ100尾以上漁獲日出現率の関係
(島勝30，33，34年，尾鷲湾全漁場32，33年，錦一，二号，長島32，33，34年　合計)

前半はいわゆる寒ブリの時期で魚体も大きく，魚群は南下の傾向が多いのに対し，後半は彼岸ブリの時期で魚体は幾分小さく，魚群は北上の傾向がやや強い（森，1958；1960；三谷，1959 c；宮本・野村・野沢，1959）。生殖腺の熟度は寒ブリ彼岸ブリ何れも多くは未熟で，かなり熟したものが3月以降には僅かながら見られるが（宮崎，1938；三谷，1958 e），彼岸ブリでも産卵回遊のものと考えるわけには行かない。このように魚体内部の差は明らかでないが，前記のような点からみて，水温と漁況との関係にも差があるかも知れないので，12月—2月，と3月—5月の2つにわけて，同様な関係を見た（図 3.1.2—3）。各図で横軸の水温の下に分数の形で，分母に出現回数，分子に100尾以上漁獲日の出現回数を示したが，これは図示した出現率の信頼範囲を考え，水温の差異による大小の判定に資するためのものである。分子の数の少ないものはそれだけ精度が悪いわけであつて，たとえば図3.1.1の10 m 層で，水温 12—12.4°C と 12.5—12.9°C の出現率がそれぞれ 1/8 と 1/31 で，前者の方がかなり大きいようであるが，統計的にいえば有意な差ではない。

以上のことを頭に置いてこれらの図を見ると，まず漁期を通して最も好漁に適している水温は各深度とも16° 前後で，まず好適といえるのは，表層で 14°—17°，10 m 層で 14.5°—17.5°，25 m 層で 15°—17.5° 程度と思われる。漁期を前半と後半とに分けると，好適水温の範囲は前半では100尾以上の漁獲日が極めて少ないので，判断が難しいが，後半では表層が 14°—17°，10 m 層が 15°—18°，25 m 層が 15°—18.5° と漁期を通した時より 0.5° ていど高いようである。水温の全観測値からの平均値と，100尾以上獲れた日の出現率を重みにとつた水温の全部の平均値は表3.2のとおりで，寒ブリの時期には100尾以上獲れ易い日は一般の出現日より水温がかなり低くなつている。その差は観測回数が少ないのであまり確かでないが 0.6°～1.6° ていどである。彼岸ブリの時期には，このような差はほんの僅かで，100尾以上獲れ易い日の方が幾分高めというていどに過ぎない。まとめていうと，寒ブリは水温が一般に低い方が好漁となり易いが，彼岸ブリの方はそのようなことはなく，平年並かむしろ高めがよい。近年は，ブリの大半は3月以降に獲られるので，水温がこの後半の好漁に対応する方が一般にはよいということになる。

表 3.2 平均漁場水温表（九木一，二号，尾鷲，須賀利（昭32，33），島勝（昭30，33，34），長島，錦一，二号（昭32，33，34））

	深　度	12月—2月		3月—5月		計	
全観測値	0 m	15.66	(1,450)	15.98	(1,378)	15.82	(2,828)
	10 m	15.75	(1,119)	16.00	(1,147)	15.88	(2,266)
	25 m	15.88	(1,107)	15.91	(1,092)	15.89	(2,199)
100尾以上漁獲日	0 m	14.21	(49)	15.95	(179)	15.41	(228)
	10 m	14.14	(33)	16.13	(147)	15.35	(180)
	25 m	15.27	(39)	16.22	(142)	15.87	(181)

註 1. 100尾以上漁獲日については出現率を重みにとつた平均値である。
2. 図2.2と図3.1.1～3に対応している。
3. （ ）内は観測回数。

以上述べたような関係は，熊野灘中部の各漁場，の各年を一括したもので，漁場により年により差があるか否かは論じていない。それはその点まで論ずるにはまだ資料が不足だからでもあるが，このようなブリの生理的性質に起因する関係は法則的なもので，元来年や漁場位置の少しの差で異なるはずのものではないと思われることにもよる。

なお，以上使つた資料の外にこのような研究を行なうための資料としては，宮川ダム放水が島勝漁場に及ぼす影響予察調査のブリ漁況中間報告（勝写 1955）があるので，この資料から計算して全部をまとめた結果を図 3.2.1～2 に示す。4漁期にわたる，同じく熊野灘中部沿岸の九木一，二号，島勝，白，長島，錦一，二号の7漁場の表層水温である。各水温の値に対する出現回数，ブリ漁獲尾数，ブリ入網回数/水温出現回数，

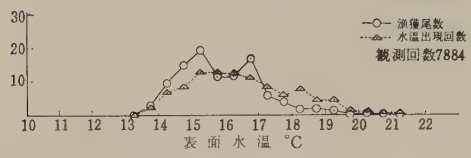


図 3.2.1 昭和25年12月—29年5月（九木一，二号，島勝，白，長島，錦一，二号）

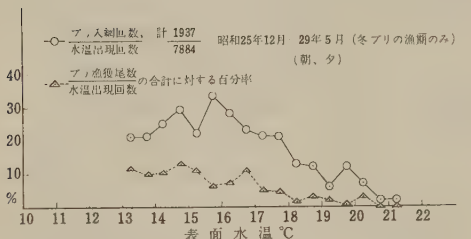


図 3.2.2 東海水研，宮川ダム放水が島勝漁場へ及ぼす影響予察，中間報告1955年1月所載の漁況資料による昭和25年12月—29年5月（九木一，二号，島勝長島錦一，二号）

ブリ漁獲尾数/水温出現回数を同図から見ると，前に述べたように，単に漁獲尾数で見た図3.2.1とこれを水温出現回数当りで見た図3.2.2の方とは，水温との関係がかなり異なり，とくに15°Cより低いところでその差が著しい。もつとも13°C以下は資料がなくてよく判らぬが，14°Cあたりは決して悪くないのである。同じように水温出現回数当りで見れば，入網回数と漁獲尾数は単なる漁獲尾数で見るよりはよほど差が少ない。図3.2.2で入網回数も1回毎の漁獲尾数に100尾以上というような条件をつければ様子がちがつて回数当り漁獲尾数に似てくるのであろう。図3.2.1や図3.2.2の資料は7,884回の観測という多数にのぼるので，漁獲尾数を加え合せた値の変動がよほど均されていることも考えられる。なお水温の出現頻度（回数）分布は図2.2.1の0m層と図3.2.1とをくらべると，後者は前者に見られる12,3°Cという低温のところを欠いている。平年の分布としては両者を加えたものあたりと考えるのが妥当であろう。なおこの資料については研究の余地が相当残つているが，今後にゆずりたいと思う。

漁場水温値と漁況との関係についての筆者の研究結果は以上のとおりであるが，この問題については今まで多くの研究があるので，それらを総合して表3.3に示す。これは一応海域別にまとめ，さらに季節をも示してある。多くは漁獲された表面水温の範囲，または好漁であつた表面水温の範囲を示している。資料も精粗様々で，水温範囲を見る根拠がわかるのは比較的少なく，また筆者と同様な方法を用いたものはなく，ただ，1日2,000尾漁獲以上の日のみを取り扱つた例（石原，1936）がある。通覧すると，時期としては大部分が冬ブリであつて，太平洋北部は春，夏網となつている。示された水温の範囲は冬ブリについては地域による差は少なく，宮崎，鹿児島両県で幾分下限が高い位で，大体13°—19.5°Cに入つている。小型ブリを主対象とする岩手と茨城の春，夏網ではこれとかなり異なり，月による差も大きく，10.5°～23.5°Cと最多漁獲水温の範囲も広く，水温の出現範囲に伴つている。冬ブリに比して小型ブリが水温に対する適応性が大きいことを示すといえよう。なお僅かであるが，中層，下層の水温を考えているものもあり，表面より1,2°C低くなつている。冬ブリについてのこれらの結果は，漁獲水温というべきものであつて，前述の筆者の得た結果のうち表層の全漁期を通した場合が14—17°Cであつたのを高低ともに1,2°C範囲を拡げたことになり，食い違いはまずないと言える。もつとも馴化によつてかなりな高低温にも耐え得るらしく，福井水試(1935)の報告では蓄養の夏ブリは8月に29.4°Cでも動作活発で摂餌旺盛であつたという。なお稚魚について，三谷（1958 c），深滝（1958）が広範な資料をまとめた結果を表3.3で見ると採集水温の範囲はかなり広いが，最も多いのは19—21°であり，成魚の場合よりかなり高温である。成魚のうちでも比較的若令のもの，たとえば常磐や三陸地方で春や夏に主として獲られるものの最多漁獲水温は表3.3で見れば割合高く，熊野灘でも比較的小さい彼岸ブリの適温は冬ブリより幾分高かつたところを見ると，ブリは年令が進むほど低温を好むと言えようか。もつとも産卵期には別であつて，稚魚の適水温とほぼ同じである。

3.1.1.2 漁場水温の鉛直分布と漁況

前節で各深度の漁場水温値とブリの漁況との関係を見たが，ブリの行動に関係を持つ漁場水温としては，もつと立体的に鉛直分布や近海の水平分布をも考える必要があろうし，また時間的の変動をも問題とせねばなるまい。空間分布の場合にも後者の時間的変動の場合にも，その分布や変動の形式を類型に分けるか或い

表 3.3　ブリ漁獲に関する水温範囲について既往の文献による海域別一覧表

水温範囲	条件	昭和年	漁期	海域	著者	備考
10.5—15.5	最多漁獲	大12—昭 5	6月	岩手県下閉伊郡	堀田，1935	夏網
13 —21	〃	〃	7月	〃	〃	〃
16 —23.5	〃	〃	8月	〃	〃	〃
18.5—22.0	最多漁獲	32	4月—9月	茨城県	木梨，1959 a	春，夏網
13 —19	〃	33	〃	〃	〃	〃
19 —22(表面)	〃		8月—9月	〃	石田，1936	春，夏網
17 —20(底)	〃		〃	〃	〃	〃
13 —17	漁獲	1—2	11月—5月	神奈川県(前川)	三浦，1930 a	
14 —17	〃	〃	〃	〃 (米神)	〃	
12.5—18	〃	〃	〃	〃 (岩江)	〃	
13 —17	〃	〃	〃	〃 (真鶴)	〃	
14 —15	最適	5—9	2月—4月	相模湾	宇田，1937 a	
14 —16	適温	大13—昭13	12月—5月	〃	木村，1940	
14	〃		3月初	〃	山田(又)，1958	
15	〃		4月初まで	〃	〃	
16 —17	〃		5月	〃	〃	
14 —18	2,000 尾以上漁獲	6— 8 10—11	2月—5月	熊野灘 (鳥勝)	石原，1935，1936	中層は上層より0.2°てい ど低い
13 —20	漁獲	26—27, 27—28	12月—5月	〃	宮本，野村，野沢，1954	
14 —17	〃	28—29	12月—5月	〃	高芝，1954	
14 —19	〃	29—30	〃	〃	〃 ，1955	
13 —16	〃	25—29	〃	〃 (中部6漁場)	宮本，1956	
13 —18	〃	30—31	〃	〃	森，1956	
14 —17(表層)						
13.5—17.5 (50 m 層)	漁獲水温	32，33	12月—5月	〃 (尾鷲湾)	宇野，1960	
14 —19.5	漁獲	28	1月—5月	紀伊水道西側	宮本，野村，野沢，1954	
12 —19	〃	11—18	〃	〃	宮本，1956	
14 —19.5	漁獲			高知県	{訪諏，1952 {高知水試，1958	
15.5—21	〃	27—28	12月—5月	〃	宮本，野村，野沢，1954	
17 —18	最適	31	12月—4月	〃	高知水試，1956	釣ブリ
14 —17	多漁獲	1—2	11月—5月	宮崎県(赤水)	三浦，1930	
16 —18.5	〃	〃	〃	〃 (穴貫)	〃	
16 —18	〃	〃	〃	〃 (檠島)	〃	
17 —18(上層) 15 —16(下層)	漁獲			鹿児島県(内之浦)	山下，1928	
17 —18	〃	1—2	11月—5月	〃 (小谷)	三浦，1930	
16 —18.5	〃	3—4	2月—5月	〃 (内之浦)	内橋，1930	
13 —19.5 (25 m 層)	漁獲	—	10月—2月	富山湾	富山定研，1935	
13 —18	好漁	26—27		〃	永田，1954	冬ブリ
14 —15.9	適温	30—31	12月—1月	丹後海	栗田，加藤，1957	
14 —17	最多漁獲	大7—大15	1月—5月	長崎県(西村)	宇田，本田，1934	
13 —18	漁獲	1—2	11月—5月	〃 (〃)	三浦，1930	
14 —17	適温			太平洋岸	宇田，1955，1956	
16 —27	採集水温	28—31	3月—8月	九州沿岸	深滝，1958	稚魚
16 —27	〃	〃	4月—9月	日本海西区	〃	〃
20 —24	〃	〃	7月	〃 北区	〃	〃
16 —29	〃	7— 8 28—31	1月—9月	全国	三谷，1958 c	稚魚

は微分値を求めて，漁況と対比し統計的に吟味しなくては現象の法則性を論ずるわけには行くまい。そうでないと，たまたま或る分布の時や或る変動の時に漁況がよかつたという実例をただ並べるだけに終つてしまう。しかし，分布や変動の形式を分類して統計的な判断に委ねるためには，資料の数が極めて多数必要というばかりでなく分類に主観の入り込む余地が多いのでいろいろと困難がある。

ここでは鉛直分布と漁獲との関係を論ずるに，上述のような追求は将来にゆずることにして，ただ2つの深度の漁場水温の差と漁況との関係について調べて見る。まず各漁場毎に，日々の 10 m 層と 25 m 層との水温値を 0.5°C づつの階級にわけ，2つの層の水温値を組合せた階層毎に，出現日数の頻度に対する 100 尾以上ブリ漁獲日の出現率を計算し，図 3.3 のように二次元で表わした。これは例によつて，九木一，二号から錦一，二号に至る範囲の 8 漁場をまとめたものである。この図で数字を記入したます目をさらに，10 m と 25 m の水温をくらべて，(これをそれぞれ T_{10}，T_{25} で表わす)，$T_{10}>T_{25}$，$T_{10}\fallingdotseq T_{25}$，$T_{10}<T_{25}$ の3つにわけ，それぞれの 100 尾以上漁獲日出現率を，(1)尾鷲湾付近の各漁場計，(2)島勝漁場，(3)錦一，二号，長島の各漁場計の3つのそれぞれの場合について計算し統計的に吟味すると（表 3.4），10 m 層の方が低い場合が最も漁況が良く (2)の場合は資料が少ないのでよく判らぬが，次が 10 m，25 m 層がほぼ同じ場合で，10 m 層の方が高い場合が最も悪い。そしてこのような海況の現われる回数を見ると，漁況が並の $T_{10}\fallingdotseq T_{25}$ の場合が圧倒的に多く，漁況の最もよい $T_{10}<T_{25}$ の場合が最も少ない。一般に冬季の対流期には $T_{10}\fallingdotseq T_{25}$

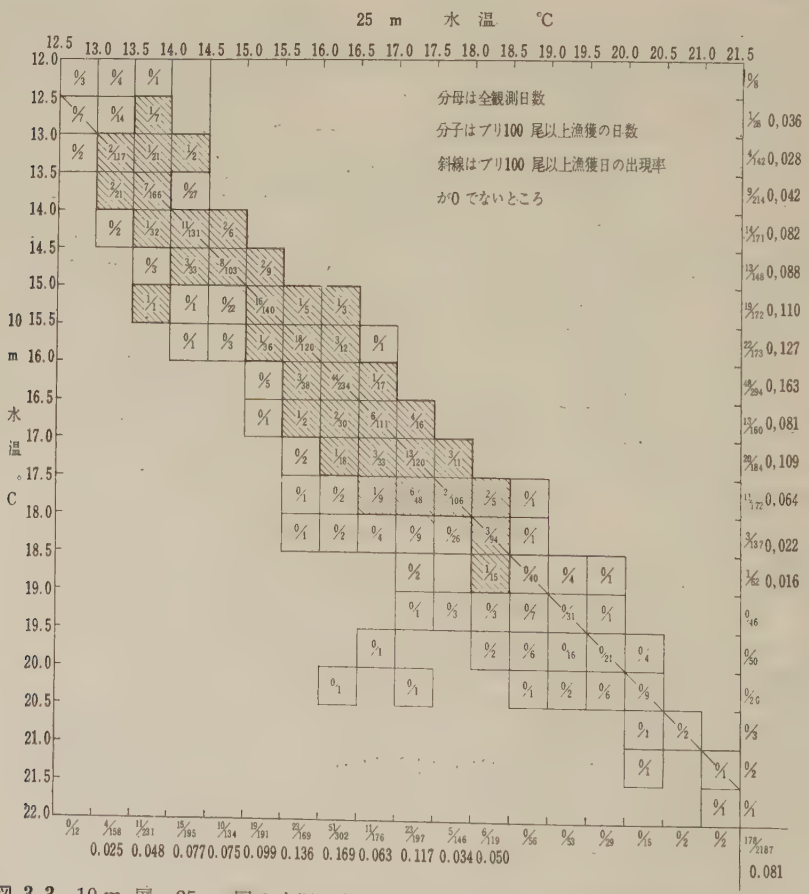


図 3.3　10 m 層，25 m 層の水温の組合せとブリ 100 尾以上漁獲日出現率との関係
九木一，二号，尾鷲（昭 32，33 年），島勝（昭 30，33，34 年），
錦一，二号，長島（昭 32，33，34 年）

表 3.4　深度による漁場水温の差と 100 尾以上漁獲日の出現率

T_{10}……10 m 層の水温
T_{25}……25 m 層の水温

漁場 ＼ 鉛直分布の型	$T_{10}>T_{25}$		$T_{10}<T_{25}$		$T_{10}\fallingdotseq T_{25}$		計	
(1)尾鷲湾漁場 (32, 33)	4/106	0.038	4/ 61	0.066	9/182	0.049	17/349	0.049
(2)錦一, 二号, 長島 (32, 33, 34)	11/263	0.042	0/ 45	……	80/1, 088	0.074	91/1, 396	0.065
(3)島勝漁場 (30, 33, 34)	11/ 89	0.124	18/ 70	0.257	41/283	0.145	70/442	0.158
計	26/458	0.057	22/176	0.125	130/1, 553	0.084	178/2, 187	0.081

で，3月頃よりそろそろ成層期に移つて $T_{10}>T_{25}$ となるので，$T_{10}<T_{25}$ となるのは春には異常で，冬季に起り易いことである。図 3.3 でもわかるように，$T_{10}<T_{25}$ の時には，$T_{10}>T_{25}$ の時とくらべて一般に温度差はずつと少ないが，ただ寒い 14°C 以下の時期には対流が烈しいためか，何れも同じていどである。温度差は少ないが $T_{10}<T_{25}$ の時に好漁が現われ易い，——と言つても $T_{10}\fallingdotseq T_{25}$ の場合の数割増の程度であるが——，というのは何かの原因で海水に攪乱が起つた時は好漁が比較的によく起ることを意味する。

3.1.1.3　漁場近海の水温の水平分布と漁況

第 2 章の 2.3 において述べたように尾鷲湾付近における水温の水平分布の大部分は冬ブリの漁期においては，A，B，C，Dの 4 つの標準型に分類でき，その型は図 2.8.1～2.8.4 に示されたとおりである。そこでこれらの型がブリ定置の漁況とどのような関係を持つか統計的に調べよう。まず付近の漁場として九木一，二号を一しよにしたもの，尾鷲，須賀利でブリが 30 尾以上獲れた日，30 尾未満獲れた日，全く無漁の日との 3 種を考え，前章の表 2.6 と 2.7 に示した上記の各標準型とその他の型の現われた日をこの 3 種にわけ，さらに漁獲された漁場と，2 カ所以上の漁場で 30 尾以上ずつ獲れた場合にわけたのが，表 3.5 である。好漁の基準として 100 尾を採らず 30 尾としたのは，統計的吟味に或る程度たえるように資料数を確保したかつたからである。この表によつて，水平分布のそれぞれの標準の型がそれぞれの各漁場の好漁に対応することがわかる。またこの表では明かでないが　その他の型の場合は好漁といつても 100 尾以上のことは一回の

表 3.5　ブリ冬網期（昭和 32 年 2～5 月，同 12 月～33 年 4 月）における海況の型の出現日数（調査日のみ）

漁獲状況	漁場	海況の型 A	B	C	D	ABCD 小計	その他	計
好ブリ 30 尾以上漁	九木一，二	5		3		8	2	10
	尾鷲		2	1		3		3
	須賀利				3	3		3
	2 カ所以上			8		8	2	10
	小計	5	2	12	3	22	4	26
少ブリ 30 尾未満漁	九木一，二		3		1	4	1	5
	尾鷲		1	1		2	1	3
	須賀利					0	1	1
	2 カ所以上	1		1	2	4	2	6
	小計	1	4	2	3	10	5	15
無漁		2	4	11	5	22	11	33
少無漁計		3	8	13	8	32	16	48
総計		8	10	25	11	54	20	74

みである。なおB型は何れも40尾未満である。一方30尾未満の少漁の場合は上のような漁場との対応はない。また標準型の出現率を好漁，少漁，無漁の場合にわけて見ると，それぞれ 22/26，10/15，22/33 で，好漁の場合には他の場合より標準型が現われ易いといえるし，また標準型の現われた 54 回とその他の型の 20 回を，それぞれ好漁の場合と少漁無漁の場合とにわけると，22：32，4：16 で，標準型の時にはその他の時より好漁となり易いといえよう。なおB型は上にも述べたとおり好漁の性格が比較的弱く，これを好漁の標準型から省くと，一層これらの論議は統計的にもはつきりするので，B型には若干の疑問のあることを付記したい。それからC型は出現の回数も多く，2カ所以上の漁場で同日に漁れ易い型で，しかも1,000尾以上漁獲の4/6がこの型に属しているので，とくに好ましいといえよう。

A，Cの型は前章の図に見られるように外洋水の突込のあることを示しており，Aは南西部へ，Cはその上に北西部へも強く流入していることがうかがわれる。C型がとくに好ましい理由としては，沿岸水と外洋水の間にできる潮境の線の形（図 2.8 と 2.9）がちようど尾鷲漁場や九木一，二号に至るブリの主推定魚道（野沢・間庭・田原，1960）と一致していることに注目したいと思う。そして，須賀利のような外洋に面した位置にある漁場の好漁は尾鷲湾へ外洋水の突込の少ないD型の海況に起り易いことも興味のあることである。

昭和29年6月—同30年5月の間には，島勝漁場近海の8測点において日々海洋観測が行なわれ豊富な資料を得ているが，その測点の分布の範囲がせまいために，測点間の差が小さく尾鷲湾のように水温の分布を知ることが，とくに冬期において困難であつた。もう少し観測の範囲が沖合に拡げられたら水平分布と漁況との関係を統計的に知ることができたであろうと惜しまれる。

3.1.1.4 漁場水温の時間的変動と漁況

ブリの漁況が漁場水温の値そのものばかりでなく，時間的変動に関係することは多くの人の唱えるところであるが，具体的統計的にこれを追求したものは少ない。筆者が第2章で述べたのも，図 2.8.1—2.9.4 と表 2.7 に示すような水平分布の型が好漁に関係があり，時間的にはそれが漁場付近の水温や塩素量の上昇しつつある時であるという程度のことに過ぎなかつた。木村（1937d，1940）は相模湾各定置漁場の日々の 50 m 水温や流動の時間的変動とブリ漁況を対比，精査して，漁場水温の 1—2°C 位の急昇を伴う大急潮がブリの好漁をもたらすと結論している。また木村（1942）は熊野灘北部や土佐湾では相模湾方面とは異なり大急潮が明かでないと述べているが，その根拠が相模湾に関するものほどには明かにされていないので，筆者の資料について吟味を試みた。図 2.1.1.1—2.1.8.3 について，25 m 層水温（朝持）が1日の中に 1°C 以上昇つた場合を拾い出し，漁況と対比して見ると（表 3.6），全部で37回あり，そのうち100尾以上のブリ漁獲

表 3.6 漁場水温（25 m 層）が1日に 1°C 以上昇つた実例（漁況別）

100尾以上ブリの漁獲された場合		その他の場合					
漁場	年月日	漁場	年月日	漁場	年月日	漁場	年月日
九木一	32. 5. 3	九木一	32. 3. 9	島勝	33. 5. 8	長島	34. 5.23
島勝	34. 1.10	〃	32. 5 11	〃	33. 5.11	錦一	31.12.26
錦一	33. 4.17	〃	32. 5.19	〃	33. 5.22	〃	32. 1. 4
錦二	32. 3.22	尾鷲	32. 4.26	〃	34. 1.24	〃	32. 3.21
		〃	32. 5.16	〃	34. 1.25	〃	32. 4. 9
		〃	33. 2.25	長島	32. 3.23	〃	33. 2.18
		〃	33. 4. 3	〃	32. 5.15	〃	33. 3.14
		島勝	30. 3.16	〃	32. 5.26	〃	33. 5.23
		〃	30. 3.17	〃	33. 2.25	錦二	32. 5.11
		〃	30. 3.18	〃	33. 5. 9	〃	33. 2.24
		〃	33. 4.23	〃	33. 5.29	〃	33. 5. 7

を見たのはわずか4回であり，その1，2日前後に好漁のあつたことはほとんどない。ところが，この4/37という出現率と，全部の観測回中の100尾以上漁獲の出現率183/1,019とには有意の差がない。ということはやはり，熊野灘では大急潮はあつても稀でしかもブリの好漁とは一応関係がないので，木村の述べたところを裏付けることにもなろう。筆者は熊野灘の場合にも外洋水の流入接岸がブリの好漁をもたらすことは確かであるが，それは大急潮というような性質のものではあるまいと考える。一般に急潮がブリの好漁に深い関係があることは，三浦（1927）も宇田（1935，1937 a）も唱えており，急潮の成因を，三浦は低気圧の通過によるとし，宇田は低気圧や不連続線の通過によつて起つた風による流れであるとしており，木村（1942）が暖流の流向，流速の変化が沿岸に作用し，風の季節的変化や潮汐流の影響を受けて起るとしているのと異なるが，ブリの好漁については一致している。

漁場水温の時間的変動と漁況との関係を求めるには，もちろん上に述べたような特異現象のみに着目するやり方に限ることはない。時間的な微分値* または積分値（平均値）を取り上げて統計的に吟味する方法が考えられるし，空間的な分布でもその微分値つまり水温の傾度の大小が魚群の行動に関与することは古くからいわれているところである（例えば田中（茂），1939；辻田，1957）。これらの観点からの研究は本稿では触れ得なかつたが，今後の問題であろう。

3.1.2　漁場の塩素量と漁況

環境の海水塩素量の変化が魚類の行動に影響を及ぼす原因について，近年多くの学者は滲透圧の作用を重視しているようである（たとえば田村，1943；末広，1951；川本，1956，1959；坂本，1960 d）。海産魚の魚体液と環境海水との間には滲透圧に差があり，後者が多くの場合に高く，しかも体液の滲透圧をほぼ一定に保持するために，常に調節作用を行なつていることはよく知られている。したがつて，海水の塩素量が変化することにより滲透圧が変ればそれに対応して調節作用が働くが，変化が大きければそれが間に合わず逃避反応を起すであろう。しかしブリの漁況が漁場の塩素量と密接な関係を持つのはこのような作用ばかりでなく，塩素量の高い外洋水と低い沿岸水との混合の仕方が影響し，それは海水の流動やプランクトンの繁殖とも関連するからであろう。したがつて，漁場の塩素量とブリ漁況の関係は簡単なものではないが，一応冬ブリという成魚を対象として，水温の場合と同様な取扱い方法で統計的に研究して見た。得られた資料は水温とくらべてはるかに少なく，九木一，二号，尾鷲（昭和32年2月—5月，同12月—33年3月），島勝（昭和29年12月—30年5月，33年12月—34年5月）に過ぎないが，塩素量の資料としては従来に見られない多量なものといえる。

3.1.2.1　漁場の各層塩素量値と漁況

最も単純な場合として，まず漁場で毎日（朝持）観測した各層塩素量とブリ漁獲尾数の資料を用いて，水温の場合と同じ方法によつて，各層毎に漁場塩素量の値と漁況との関係を求める。漁況はブリ100尾以上漁獲日の出現率で表わす。塩素量を幾つかの階級にわけ，階級毎に観測された日数に対する100尾以上漁獲日数の比率，出現率を計算するのである。出現率が大きいほど，好漁が期待できることは水温の時に述べたとおりである。結果は図3.4.1に表わした。この場合の各出現率の値の意味や図の下に出現率を分数の形で記してある理由は水温のところで述べたとおりである。標本数が水温の場合よりはるかに少ないので，結果の統計的判断もあいまいとなるのも止むを得ない。図3.4.1で表層の塩素量について漁況との関連は，塩素量が大きいほど漁況がよいらしいという位にしか判らない。とくに出現率がほとんど0となるような塩素量の限界，いいかえれば好適塩素量の下限がどこにあるか判定できない。これはブリが表層を泳ぐことがまれであつて表層の値には直接関係がないこと，降水などの影響で表層の塩素量が低くなつてもなかなか中，下層までは及ばず，表層と中，下層との差が水温の場合とくらべて極端に大きいことがしばしばあつて，表層と中，下層の値の関連性が大きくないことの証拠でもある。が，10 m や 25 m 層の塩素量となると漁況との関連が比較的にはつきりしてくる。標本数が少なくて統計的に精度の劣る部分（図で破線で結んである）のあることを考慮しても，10 m 層では 18.4‰ あたり，25 m 層では 18.8‰ 位より低い塩素量では100尾以

* 黒木教授（北海道大学）の二三の研究例がある。（昭和36年4月日本水産学会における講演）

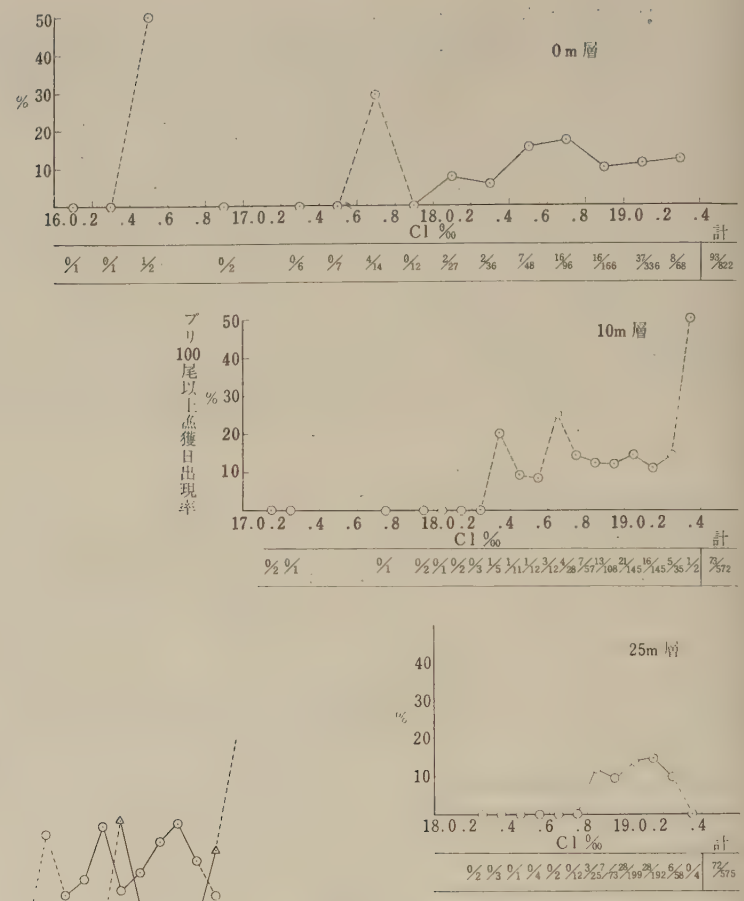


図 3.4.1 ブリ定置漁場の塩素量と100尾以上漁獲日の出現率の関係 島勝（30，34年），九木一，二号，尾鷲（32，33年）の計

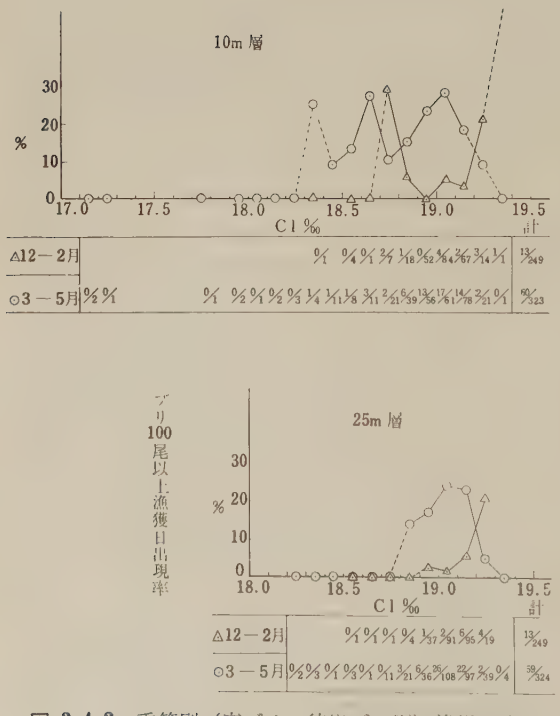


図 3.4.2 季節別（寒ブリ，彼岸ブリ別）漁場塩素量と漁獲日出現率（ブリ100尾以上）との関係（島勝，九木，二号，尾鷲漁場）

上の漁獲を望めないこと，これより高くなると，漁況は高いほど幾分よいが大差はないことが判る。また 19.4‰ ていどまででは好適な範囲の上限にまでは届いていないことも想像がつく。

さてこれらの現象の根底をなすブリの生理的性質はその内部的の状態によつて異なることは当然である。水温の場合に取り扱つたのと同様な意味で，寒ブリ，彼岸ブリの差を漁期の前半，後半別で判断することにすると，（図 3.4.2），標本数が少ないので判断が不確かになるが，来遊に好適な塩素量範囲の下限が，前半期には後半期より高いらしい。また観測した漁場塩素量とそ

のなかで100尾以上漁獲のあつた日の漁場塩素量を，全漁場をこみにして，10 m，25 m 層それぞれに月々の平均をとつて見ると（表 3.7.1）12，1，5月は漁獲回数が少ないので計算しなかつたが，漁獲日が2月ではわずかに高く，3月では低く，4月には差がないようである。また100尾以上漁獲日の出現率を重みとした漁場塩素量の平均値は，表3.7.1で（ ）内に示したが，観測全数の平均値とくらべ，2月は高いが，3，

表 3.7.1　漁場塩素量の月平均値　‰

九木一，二号，尾鷲（昭和32，33年）
島勝（昭和30，34年）

深　度	観測区分	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月
10 m 層	観測全数	18.97	19.05	19.04	19.03	18.97	18.68
	100尾以上漁獲日			19.08 (19.14)	19.01 (18.78)	18.97 (18.67)	
25 m 層	観測全数	19.00	19.09	19.10	19.11	19.09	18.91
	100尾以上漁獲日			19.15 (19.15)	19.08 (18.99)	19.09 (19.05)	

4月は低くなつている。ということは2月（寒ブリ）では塩素量が高い方がよく獲れるのに，3，4月には逆に低い方が都合がよいことを示すわけであるが，100尾以上漁獲日が月別に見ると少ないので，この差は標本誤差に入るかも知れないので確かではない。次に平均値のみでなく月別の頻度分布を一般と100尾以上漁獲日で比べて見ると，（表 3.7.2—3），とくに塩素量の低いところが獲れ難いことを示しているという差のほかは 10 m 層の2月を除いて有意の差がない。標本（回）数が少ないので塩素量の階級をかなり大きくまとめて検定するためもあろう。しいていえば平均値でくらべた結果と同じである。

表 3.7.2　漁場塩素量の頻度分布 1

九木一，二号，尾鷲（昭 32，33 年）
島勝（昭 30，34 年）
10 m 層　太字は100尾以上漁獲日

塩素量 ‰ \ 月	12	1	2	3	4	5	計
17.1～						2	2
2～						1	1
3～							
4～							
5～							
6～							
7～						1	1
8～							
9～					2		2
18.0～					1		1
1～					2		2
2～						3	3
3～			1	1	1	2	1 5
4～				1 2	1	8	1 11
5～			4	1	1 1	6	1 12
6～			1	1 2	2 4	5	3 12
7～	2	1	2 4	5	2	2 14	4 28
8～	6	3	1 9	2 14	2 9	2 16	7 57
9～	15	16	21	9 26	4 10	20	13 108
19.0～	9	1 28	3 47	5 33	12 26	2	21 145
1～	2	27	2 38	10 49	4 29		16 145
2～	1		3 13	1 13	1 8		5 35
3～			1 1	1			1 2
計	35	1 75	12 139	29 147	27 96	4 80	73 572

表 3.7.3　漁場塩素量の頻度分布 2

25 m 層

塩素量 ‰ \ 月	12	1	2	3	4	5	計
18.1～							
2～						2	2
3～					1	2	3
4～					1		1
5～			1		1	2	4
6～			1		1		2
7～		1		2	2	7	12
8～			4	2 5	1	1 15	3 25
9～	19	7	1 11	1 9	2 5	3 22	7 73
19.0～	12	29	2 50	14 53	12 30	25	28 199
1～	3	1 39	5 53	11 55	11 39	3	28 192
2～			4 19	1 24	1 15		6 58
3～				4			4
計	34	1 76	12 139	29 152	26 96	4 78	72 575

以上定置漁場の日々塩素量とブリ漁況を対応させて統計的に取扱つた結果得られた知見は，ブリの生態に関するものともいい得べく，既述のとおり生物試験の成果と合せて理解されるものであろう。海水塩素量の多少とブリの行動に関する生物試験はきわめて少なく，田村(正)(1942，1943) と岡田・花岡・藤本 (1960) を数えるのみである。田村(正)によるとイナダは他の海産魚類にくらべて稀釈海水に対する抵抗力が弱く，岡田らによると，ブリの幼魚は淡海水の接触界面付近の微細な塩分の差異を鋭敏に感知し，顕著な逃避反応を示す。成体では 0.5‰ の塩素量の差を一応感知でき，18.5‰ 以下の海水に対しては，これを逃避するだけの感受性を持つているという。この結果は図 3.4.1—3.4.2 に示した結果と矛盾しないといえよう。また実験ではないが，ブリをいけすで蓄養する場合，河川水が流入して水が濁り，塩分の少ない水が上層を蔽うと，ブリが下層に沈むことがよく知られている (例，田中(絅)，1931；福井水試，1935)。なお幼魚の方が成体より上層を泳ぐことから，塩分の少ないことに対する抵抗力は幼魚の方が大きいと見てよいであろう。また一般海産魚類でも塩分濃度に対して順応性があり，かなり高いまたは低い濃度で生存し得るよう馴らすことができることが実験的にも (例えば，岡田・窪田，1956；田村，1943)，観測の上からも知られている。

一方漁場塩素量とブリ漁況との対応を研究したものを微すると，水温などと比べて極めて少ない。比重に関するものは二三あるが，対応する水温がないのと，比重測定の精度が必ずしも十分でないので，塩素量に換算しても不確実である。富山湾については比重がかなり小さい時が豊漁で 100 m 以浅で塩素量 18—19‰ がよさそうで (富山定置漁業研究会，1937；小島，1939) あるが，これは対象が多くはフクラギであるから (例えば，佐々木，1935)，成体の場合より低いのであろう。また若狭湾西部の伊根漁場付近での観測では，昭和 30 年 12 月—31 年 1 月に，18.3～18.7‰ ていどであつたが (栗田・加藤，1957)，例年より僅かに高いということで，それが不漁の原因とされている。この場合にも小型ブリが多いことが漁獲塩素量の低いことを裏づける。この他，松野・尾藤・谷 (1925) の富山湾小杉漁場に関する資料はこの研究に役立つと思われるが，島勝 (石原，1936)，長崎五島の両漁場 (三浦，1930) についての比重，水温などの資料は上述の理由で塩素量に関しては参考とし難い。

3.1.2.2 漁場塩素量の鉛直分布と漁況

漁場水温の場合に論じたと同様の理由で，漁場の塩素量の立体的分布と漁況との関係をまず鉛直分布から調べよう。資料数の都合とブリの遊泳層に近いという理由で鉛直分布の代表として，10 m 層と 25 m 層の日々塩素量を使うことにする。これらを 0.2‰ 刻みの階級にわけ，両方を組合せて階層を作り，その階層毎に 100 尾以上漁獲日の出現率を計算し，図 3.5 のように二次元で表わした。各ます目中の数字がその出現率で，それが 0 でない範囲に斜線をほどこした。この図での各ます目を $Cl_{10}>Cl_{25}$，$Cl_{10}<Cl_{25}$，$Cl_{10}\fallingdotseq Cl_{25}$ の 3 つの群に，さらにこれを尾鷲湾漁場を合せたものと島勝漁場にわけて，それぞれ 100 尾以上漁獲日の出現率を求めた (表 3.8)。尾鷲湾各漁場で $Cl_{10}>Cl_{25}$ の場合に好漁がとくに少ない外は Cl_{10} と Cl_{25} の関係の如何は何れの漁場でも漁況には影響しないことがわかる。もつとも $Cl_{10}>Cl_{25}$ の場合は島勝漁場ではきわめて少ないので実は何ともいえない。このような浅い方の塩素量が高いというような逆の形が尾鷲湾付近では案外少なくない (大部分は $Cl_{10}=19.0\sim19.2$‰ で $Cl_{25}=18.8-19.0$‰) のは興味があり，沿岸水と外洋水の入り混り工合を表わすものとして，なお追求してよい問題であろう。水温の場合に頻度の少ない $T_{10}<T_{25}$ の場合案外好漁をボし，これは海水に攪乱が起つた時であろうとしたが，塩素量の時には $Cl_{10}>Cl_{25}$ の場合が攪乱のある時に相当するのにそれが好漁でないとすると，好漁を期待できるのは，上層に冷いが塩素量は下層と同じか或いは低い水がある場合ということになる。これは冷い沿岸水が上層を蔽うが中，下層には及んでいない時に当り，雨の後などはこのような状況を示すであろう。そして，上層の水温が下より高く，塩素量も高いような水がある時には好漁を望むことはできないといえるが，これは外洋水が沿岸に寄せても上層部のみで中層に及ばない場合に当ることに注意すべきである。

いままで塩素量の鉛直分布とブリ漁況との関係を論じた研究は宮崎 (1960) のみである。宮崎は尾鷲湾内のブリ定置網漁場について，塩素量鉛直分布の時間的変動の型とブリ漁場との関係を調べ，種々興味ある説を述べている。統計的に意味があると思われるのは，好漁となるのが，沿岸水が漁場に流入流出し，同時に

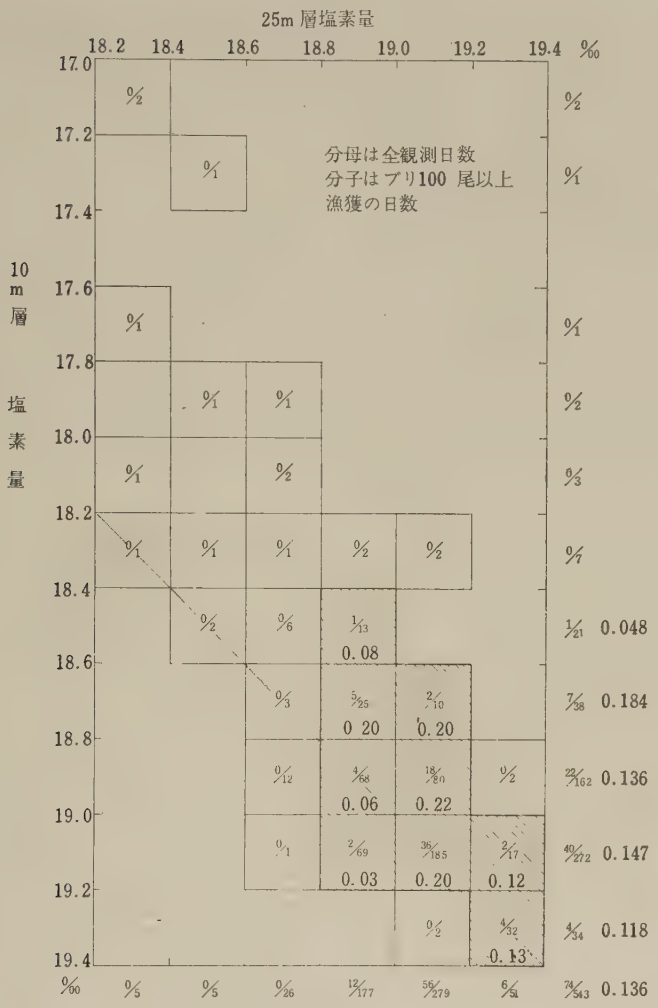


図 3.5 10 m 層，25 m 層の塩素量の組合せとブリ 100 尾以上漁獲日出現率との関係　九木一，二号，尾鷲（昭 32, 33 年），島勝（昭 30, 34 年）

表 3.8 深度による漁場塩素量の差と 100 尾以上漁獲日の出現率

Cl_{10}……10 m 層の塩素量
Cl_{25}……25 m 層の塩素量

漁場	$Cl_{10}>Cl_{25}$		$Cl_{10}<Cl_{25}$		$Cl_{10}\fallingdotseq Cl_{25}$		計	
尾鷲湾漁場 (32, 33年)	2/81	0.03	9/90	0.10	11/137	0.08	22/308	0.07
島勝漁場 (30, 34年)	0/3		19/78	0.24	33/154	0.21	52/235	0.22
計	2/84	0.02	28/168	0.17	44/293	0.15	74/543	0.14

外洋水がそこへ進出している場合や漁場が外洋水のみでも潮境が漁場のところにある場合であり，他の漁場に漁獲があつてもその漁獲は無漁になるのが，多くは沿岸水が来て外洋水が進出しない時とか，外洋水が来てもその後 1—2 日で変化の少ない場合や水塊の移動変化の少ない場合などであるということである。筆者は島勝の資料でもこのような検討を試みたが統計的に意味のある結論が得られなかつた。このような細かい取扱いをするのには資料の不足を感じた次第である。

3.1.2.3 漁場付近の塩素量の水平分布と漁況

前に水温の水温分布について，第 2 章の 2.3 と第 3 章の 3.1.1.3 において述べたことは，そのまま塩素量の水平分布にも当てはまる。水温の水平分布で述べた時には水温の値そのものについてはふれず，もつぱら等温線を問題としていたが，冬期に沿岸では等温線と等塩分線とがよく似ているからである。尾鷲外湾においてA，C，Dという水平分布の標準型があり，Aは尾鷲漁場で，Cは付近の各漁場で，Dは須賀利漁場で，それぞれ好漁が起り易い水平分布であるということは塩素量についても全く同様である。むしろ，4，5月においては塩素量の水平分布を主として見るべきであるといえる。4，5月になると沿岸水の水温が昇つて，外洋水のそれとの差がなくなり，水温の水平分布は，冬期のように沿岸水と外洋水との混合状態を示さなくなるからである。そのような時期でも塩素量ならば，沿岸水と外洋水の差をはつきり見せ，その混合状態が漁況と関連を持つことはすでに述べたとおりである。

島勝近海において昭和 29，30 年に行われた定点観測が，観測点の範囲がせまいために水平分布を見て統計的に漁況との関連を見ることが，冬期において困難であると，水温に関して前に述べたことは，塩素量についても全く同様である。

3.1.3 漁場の透明度と漁況

透明度は水の濁りの程度を示す一つの海況要素であり，簡単に測り得るので各定置漁場でもかなりよく観測されている。しかし，ブリの漁況と関係を持つものとして考えると，簡単であるだけに欠点もある。その深さまでの濁りの一種の積分値が一定の値に達していることを示すに過ぎないので，その間の鉛直分布には無関係であるし，その深さより下層の濁りについては全くわからない。第一濁りをはかつている深さの範囲が，透明度として表現する深さまでであつてその時々で変るのである。

海の濁りを左右するもののうちプランクトンの多少は食餌の多少となつて漁況に影響する。その外，沿岸の定置漁場では陸水に含まれる泥砂，波によつてかき立てられる海底の微粒子，砂泥などが透明度を下げることも多い。丸茂 (1951) によればプランクトン量と透明度の間には一般には逆比例の相関が成り立つが，相模湾（冬季）では一定の傾向が得られないという。これは内湾ではプランクトン以外に透明度に関与するものが多いということで，ここに扱う両湾も例外ではないものと考えられる。さて，これらはブリに対して直接間接に食餌として役立つこともあり，また本能的に濁りが好かれることもあるが（山下，1928；1958；三浦，1930 b），かえつて悪条件となることも考えられる。したがつて，濁りが漁況に好都合であるかどうかは，濁りを構成する成分でも異なるし，濁りの鉛直分布も無関係であり得ないから，透明度という指標が，ブリの漁況と明瞭な関係を示すかどうか疑わしい。しかし，ここではとにかくブリ定置漁場の透明度について，水温や塩素量の場合と同様に漁況との関係を現象論的に眺めることにする。

3.1.3.1 漁場の透明度値と漁況

漁場の透明度を 2 m ずつで区切つて幾つかの階級を作り，それに対応して 100 尾以上漁獲日の出現率を求めた（図 3.6.1～2）。まず九木一，二号，尾鷲，須賀利，島勝，長島，錦一，二号の 8 漁場の分を全部まとめたものでは，透明度が極端に高いか低い時は 0 となつているものの水温や塩素量のように出現率の分布が山型とはならず，一般に高い方が漁況が悪い傾向が見られる。そして 11，2 m と 15，6 m とでは明かに統計学的に後者の方が漁況が悪い。しかし 15，6 m より高い範囲内では漁況に有意の差が見られないし，また 11，2 m より低いところでも，11，2 m の場合との有意の差が資料数が少ないためもあつて，見られない。取扱つた 8 漁場を尾鷲湾付近（九木一，二号，尾鷲，須賀利），と桂城湾付近（島勝，長島，錦一，二号）の 2 つの群にわけて両群をくらべて見るに（図 3.6.1），14 m を境にして 2 つにまとめると透明度の高いとこ

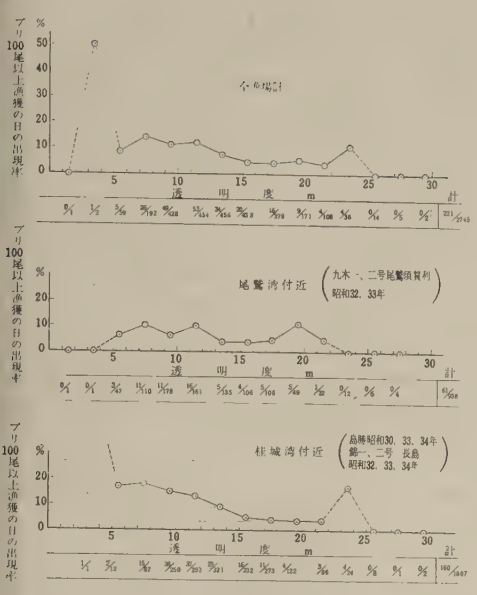


図 3.6.1　漁場透明度の全観測日数に対するブリ 100 尾以上漁獲の日の出現率

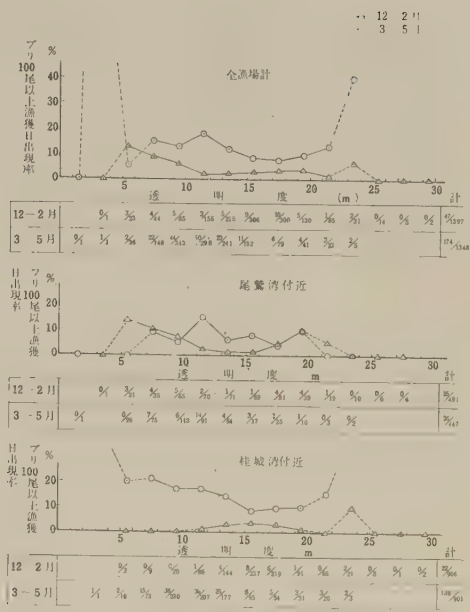


図 3.6.2　季節別（寒ブリ，彼岸ブリ）漁場透明度の全観測日数に対するブリ 100 尾以上漁獲の日の出現率

ろと低いところで漁況に差が認められることは同じであるが，その差が尾鷲湾付近では小さく，桂城湾付近では大きい。とくに後者では透明度が高いほどだんだん漁況が悪くなる傾向が明かである。

次にこれを 12—2 月と 3—5 月と 1 漁期を前後半にわけて同様な検討を試みる。まず全漁場の資料を前後半にわけると（図 3.6.2），12—2 月には 10 m を境にして，透明度の低い部分が漁況がよくなつており，全漁期を通して見た時とは境界が少しずれる。3—5 月では全漁期と同様で，14 m を境にして同様の関係が認められる。前と同様に湾で漁場をまとめて，漁期の前後半別に見ると，尾鷲湾付近では 10 m を境にして 12—2 月には透明度の低い方が漁況がよいが，3—5 月には透明度の高低は漁況に全く関係がない。また桂城湾付近では 14 m を境にして 3—5 月には低い方が漁況がよいが，12—2 月では透明度は漁況と関係がないように見える。以上を取りまとめると表 3.9 となる。これを通覧するといろいろなことが想像されるが，尾鷲湾では流入河川が多く，漁場までの距離が割合近いのにくらべて，桂城湾は湾も広いし，河口からの距離も大分遠いので，降水量の影響は前者の方が多いことをまず念頭に置く必要がある。また漁期の前半は後半とくらべて一般に降水量が少ないことも関係があろう。そこで降水量の多少の影響ということが，両湾でも異なり，また漁期の前後半でも異なつているということになる。そして漁況と透明度とが関係を持つ場合には，例外なく低い透明度の方が漁がよいこと（ただし 2，3 m というような極端な低い透明度では漁が悪い）は一般的の法則といえよう。

これに対して，従来透明度と漁況との関係についてかなり研究も資料も発表されているので，それらをまとめて見る（表 3.10）と，ブリが漁獲される透明度の範囲はかなり広く，またその中で最多漁獲の透明度は同じ場所でも年によつて相当の差がある。最多漁獲というのは前にも述べたように，透明度の出現頻度分布によつても変るもので，筆者の求めた出現率とは性質が異なるものである。さらに漁獲の範囲も，場所により異なるが，海域による特徴はない。それはブリの濁りに対する生理的な適応性の多様であることを示すというよりは，海況の変動の多様性を反映しているもののようである。下限は 3～12 m，上限は 15～21 m で，筆者の取扱つた資料で，100 尾以上漁獲日の出現率が 0 でないのが 3～24 m であることとほぼ合つている。

表 3.9 透明度による出現率の差の検定

漁場＼透明度		≦14 m	>14 m	差の有意性
全漁場計		168/1,493 0.112	53/1,153 0.046	有意
尾鷲湾付近		46/633 0.073	15/305 0.049	有意
桂城湾 〃		透明度が高いほど漁況が悪い		有意
全漁場計	12—2月	≦10 m 12/153 0.078	>10 m 35/1,244 0.028	有意
	3—5月	≦14 m 148/1,068 0.139	>14 m 26/280 0.093	有意
尾鷲湾付近	12—2月	≦10 m 12/122 0.098	>10 m 13/369 0.035	有意
	3—5月	漁況は透明度と関係が認められない		—
桂城湾付近	12—2月	漁況は透明度と関係が認められない		—
	3—5月	≦14 m 117/698 0.168	>14 m 21/203 0.103	有意

表 3.10 透明度（*Tr*）と漁況に関する従来の研究結果

透明度の範囲 m	特質	昭和年	漁期	海域	著者
9—12	漁獲 *Tr*		6—9月	茨城県	石田，1936
ならして13—16が良好 7—17(14)	漁獲のあった *Tr*（最多）	7	冬ブリ	静岡県（伊東）	石原（正），1935
7—21(14)	〃（〃）	8	〃	〃	〃
14最良 12—20(15)	〃（〃）	9	〃	〃	〃
5—20(8)	漁獲（モード）	29	冬ブリ	神奈川県	森，1596
3—20(15)	〃（〃）	30	〃	〃	〃
9—18(14)	漁獲（モード）	29	冬ブリ	三重県	森，1956
12—20(14)	〃（モード）	30	〃	〃	〃
8—20	2,000 尾以上漁獲	10	3—5月	三重県（島勝）	石原（重），1936
8—16	〃	11	3—5月	〃	〃
6回 13—15	〃	6	12—5月	〃	〃 ，1935
7回 4—17	〃	7	〃	〃	〃
13回 4—18	〃	8	〃	〃	〃
10 m 以上	好適	26	〃	三重県（九木一号）	田内，1956 b
5—15	〃	〃	〃	〃（九木二号）	〃
9—14	100 尾以上漁獲	32，33	〃	〃（九木一号）	宇野，1960
8—16	〃	〃	〃	〃（九木二号）	〃
8—16	〃	〃	〃	〃（須賀利）	〃
8—19	〃	〃	〃	〃（尾鷲）	〃

10 m 内外 6 m 以内 5—19	観測の多いもの 豊　漁 観　測	大正 5, 9～12 30～31	10月—1月末 11—1月 12—1月	富山湾 〃 丹後海	佐々木, 1935 松野・尾藤・谷, 1925 栗田・加藤, 1957
10—18(13—16)	漁　獲　(最多)	1—2	11—5月	長崎県(西村)	三浦, 1930
Tr 極大の日は半カ月の周期がある。		9	12—5月	相模湾	木村(喜), 1935 b
Tr 高い方がよい。雨のため濁つた時はよくない			12—4月 釣ブリ	高知県	高知水試, 1956

3.1.3.2　漁場透明度の時間的変動と漁況

漁況透明度の時間的変化については，第2章ですでに述べた。それらとブリ漁況との関係を図 2.1.1.1～2.1.8.3 によつて見，100 尾以上漁獲のあつた日の前後数日の漁場透明度の変化を調べたが，大部分に共通な法則性が見当らない。ただ島勝漁場の場合（昭和 30, 33, 34 年）には漁場透明度が 20～30 日の周期で大きく変化しており，その山に当る時には好漁のことが極めて少ないのに，谷に当る時にはしばしば好漁が見られる。錦一号（昭和 33 年）もほぼ同様な関係が見られる。桂城湾付近漁場をまとめた場合の方が，尾鷲湾付近よりも，透明度とブリ漁況の関係が明瞭に認められ，透明度が低い方が漁況がよかつたのには，このような事情も与つているのであろう。

3.1.4　漁場海況要素の組合せと漁況

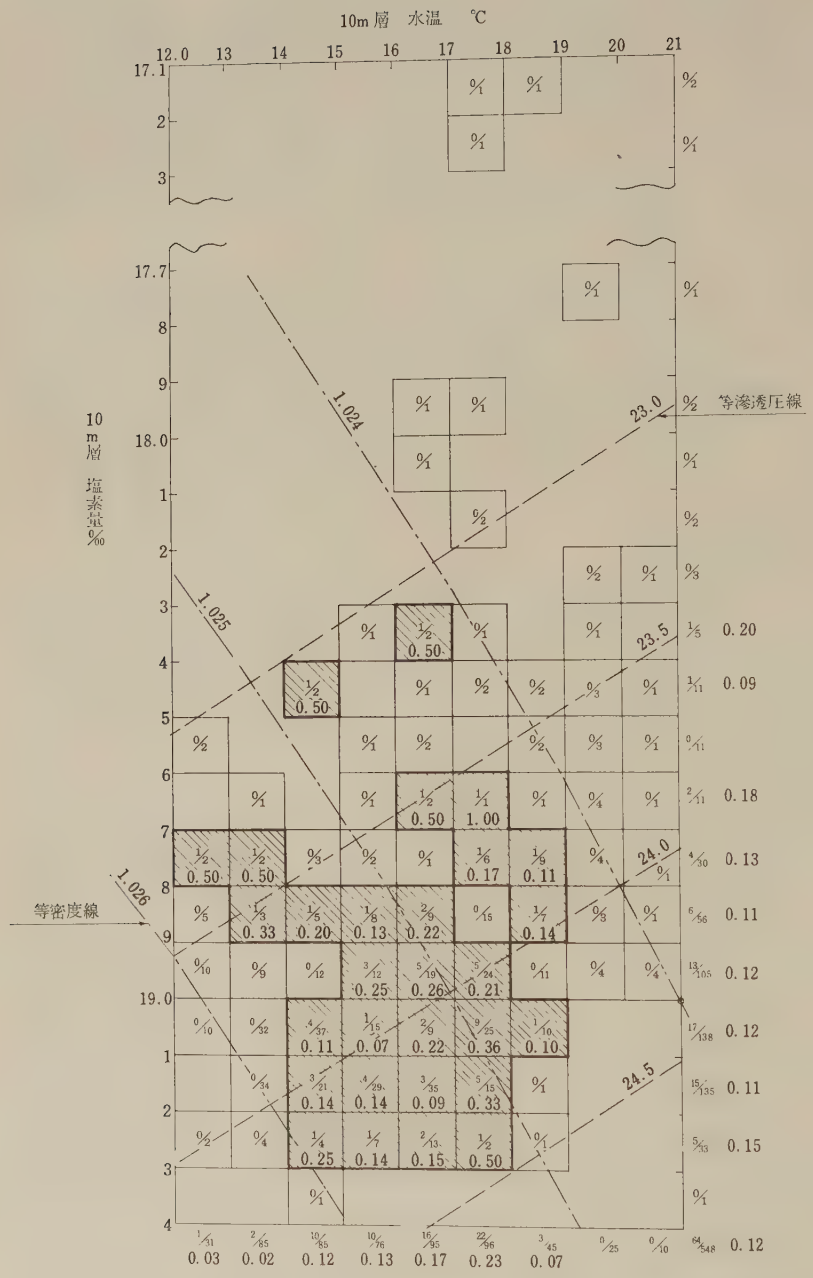
海洋環境は種々の海況要素を属性として持ち，それらの属性は直接的であれ間接的であれ総合的に魚類に作用するので，漁況との関連も本来は各海況要素を総合して考えるべきである。しかし，すでに 3.1 の項で述べたとおり，実際問題としては観測資料漁況資料の数に制約があつて，組合せて統計的に漁況と対応させて取扱い得る海況要素は今のところ2種類程度を出ないのである。そこで，漁場における水温と塩素量，水温と透明度，塩素量と透明度という3通りの組合せのみについて，ブリ漁況との関係を統計的に研究することにする。3種類以上の組合せについては今後研究したいと思う。

3.1.4.1　水温と塩素量の組合せと漁況

組合せる海況要素は漁場における同じ深度の水温と塩素量とする。深度としては前と同じくブリの遊泳層に近い 10 m と 25 m との2つの場合を扱つた。水温は 1° 間隔，塩素量は 0.1‰ 間隔で分け，その両方の組合せで階級を作ると，これは水温と塩素量を両軸とする平面上における桝目で表わすことができる。漁況も考え方は前の各海況要素単独の場合と同じく，ブリ 100 尾以上漁獲日の出現率で表わすことにする。水温—塩素量平面上の各桝目毎に観測日数に対し，ブリ 100 尾以上漁獲日数の比率，すなわち出現率を計算すると，ブリ漁獲に好適な水温—塩素量の値の領域が，10 m 層，25 m 層それぞれに統計的に推定されるはずである。資料としては，水温にくらべて塩素量のそれがはるかに少ないので，組合せとしては塩素量の制約を受けて大分少なくなり，九木一，二号，尾鷲（昭和 32, 33 年）と島勝（昭和 30, 34 年）のものにとどまる。

結果をまとめたのが，図 3.7.1～2 である。斜線をほどこしたのは出現率が 0 でない領域である。0 の部分でも観測回数が少ないためで統計的に 0 と言い切れないところもあるのは言うまでもないが，桝目を或る程度まとめてもやはり 0 となるところはブリ漁獲に適していないものと判断してもよかろう。また斜線の領域に連なるます目に観測がない場合，ある場合，あつてもごく少ない場合といろいろあつて，そのような分布の模様にも注意する必要があろう。

さて，このような斜線の領域の存在の理由を考えるに，前に海水塩素量の多少が魚類にいろいろな反応を示す原因について滲透圧の作用が重視されると述べた。海水の滲透圧を考えるのに与かるのは塩素量ばかりでなく，水温もそうである。水温と塩素量で滲透圧がきまる。で，もし海水の滲透圧がブリの漁況に関係があるものならば，この斜線の領域は滲透圧の或る値の範囲内にまとまつて入り，しかもその境界は等滲透圧線に平行となるはずである。今，坂本（1960d）の作つた図表を借りて，図 3.7.1～2 に等滲透圧線を引いて見る。10 m 層の方は斜線の領域も飛び飛びになつていたり，凹凸が多過ぎて領域の区別が難しいが，とに



分母は全観測日数
分子はブリ 100 尾以上漁獲の日数

図 3.7.1 10 m 水温と塩素量に対するブリ 100 尾以上漁獲日の出現率
島勝漁場 (30, 34 年)
尼鷲, 九木一, 二号 (32, 33 年) 合計

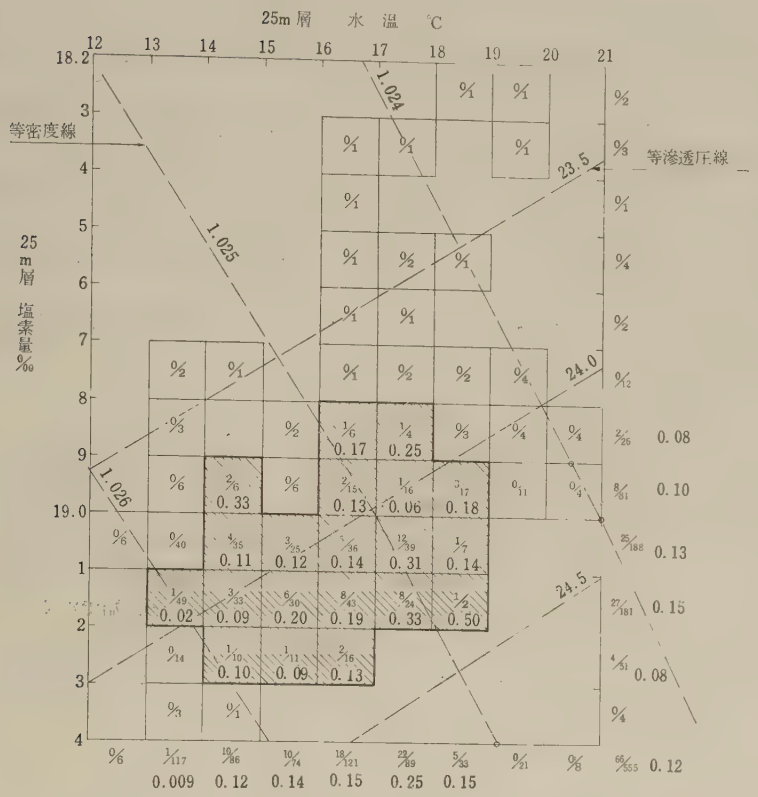


図 3.7.2　25 m 水温と塩素量に対するブリ 100 尾以上漁獲日の出現率
島勝漁場（30，34 年）
尾鷲，九木一，二号（32，33 年）合計

かく観測された水温～塩素量の範囲は右上より左下にかけて散らばつており，右下と左上隅を欠いている。そして 100 尾以上有漁の領域（斜線）は等滲透圧線の 23.0～24.5 の間におさまり，その外部の右上隅にはない。この 23.0～24.5 の範囲内でも右上と左下には有漁領域が及んでいないのは，水温の高過ぎるところと低過ぎるところは漁況が悪いということで，これは滲透圧とは別の生理的原因によると考えられる。つまり海水の温度が魚類の体内の生理化学的変化に影響を持ち，水温が高過ぎたり低過ぎたりすれば体の生理状態が悪くなるためにこのような水温を避けるのだと考えてよかろうか。25 m 層の場合も結論は同じであるが，10 m 層の場合と違つて有漁の領域はよくまとまつており，滲透圧が 23.6～24.4 の範囲に入り，さらに水温が 13～19°C の外では出現率が 0 となつている。なお，滲透圧が 10 m 層で 24.5，25 m 層で 24.4 より大きいような海況が観測されていないので，この滲透圧の上限として上に述べた値は実は有漁領域に含まれることを示すに過ぎないことに注意したい。そしてこの仮りの上限をある程度でも越すような海況は定置網漁場の付近ではなかなか現われないが，沖合には当然しばしば観測されるであろうし，そのようなところにもブリ魚群が回遊するのではあるまいかと想像するのである。

次に海況要素単独の場合と同じように，漁期を前半と後半にわけて，同様な図を作り領域の形や位置を見た（図 3.7.3～3.7.6）。10 m，25 m 何れの場合も 12～2 月では漁獲日数が少ないので，有漁領域の形を論ずるわけに行かないが，3～5月の場合には漁期を通した時と同じ結論が，むしろ一層はつきりと得られる。有漁領域の位置については，前半は水温は多少低く（10 m で 12～18°C，25 m で 13～17°C），塩素量は多少高い（10 m で 18.7～19.3‰，25 m で 18.9～19.3‰）。これに対して後半では水温は 10 m，25 m とも

に 14～19°C，塩素量は 10 m で 18.3～19.3‰，25 m で 18.8～19.3‰ となつている。これは水温，塩素量を別々に論じた時と変りはないはずであるが，水温では 3.1.1.1 の時よりは資料数がはるかに少ない関係があつて，範囲が幾分せまくなつているところもある。

なお 3.1.1.2 と 3.1.2.2 で得た水温と塩素量の鉛直分布と漁況との関係をまとめて滲透圧から見ると，10 m 層より下層の 25 m 層に滲透圧が大きい方が好漁を多く期待できると言える。

水温と塩素量できまる海況要素にはこの外比重などが考えられる。環境水の比重——密度が魚類の行動に影響を与えるかどうかよくわからないし，とくに 50 m 以内という浅い範囲ではなおさら影響が考え難いが，同じ図に等密度線を引いて見た。有漁の領域は現場密度が，10 m 層で 1.0240～1.0260，25 m 層で 1.0244～1.0261 位のところに入つている。

以上，水温，塩素量，滲透圧，比重等の影響のしかたについては，この研究ではその有漁領域を推定するにとどめる。これ以上は多くの実験的研究にまつべきであろう。

3.1.4.2 水温と透明度の組合せと漁況

漁場における表面の水温と透明度の組合せに対して，ブリ 100 尾以上漁獲日の出現率を計算し，統計学的な吟味を試みる。透明度の資料は水温と同様にかなり豊富であつて，8 漁場で，全観測回数はこの組合せで 2,745 回に達した。表面水温を 1°C 置き，透明度を 4 m 置きに区切つて，組合せた階級を作り，図 3.8 のように，表面水温～透明度平面上のます目で表わし，全部の資料をまとめて 100 尾以上漁獲日の出現率を分数の形で記入した。そして出現率の 0 でない範囲——有漁領域を 3.1.4.1 の場合と同じく斜線で示した。この領域の形の特徴としては，水温がかなり高いか低いと，漁獲がなくなるほど極端でなくても，透明度が或るていど低くないと，つまりあるていど濁つていないと漁獲が見られないということである。そして最もよいのは，斜線の領域の中でも，透明度がほぼ 5～13 m，水温がほぼ 14.5～17.5°C の範囲であつて，有漁領

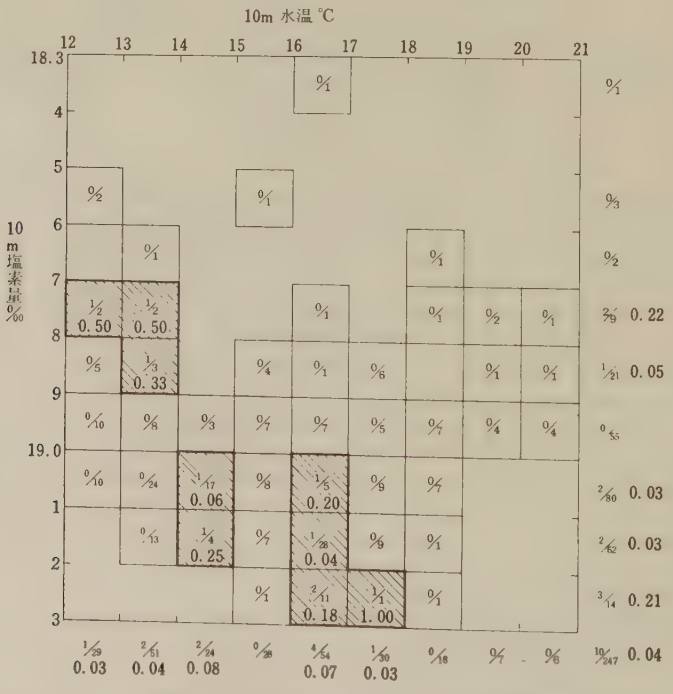


図 3.7.3 10 m 水温と塩素量に対するブリ 100 尾以上漁獲日出現率
季節別（12～2 月）島勝漁場（30，34 年）
尾鷲九木一，二号（32，33 年）｝計

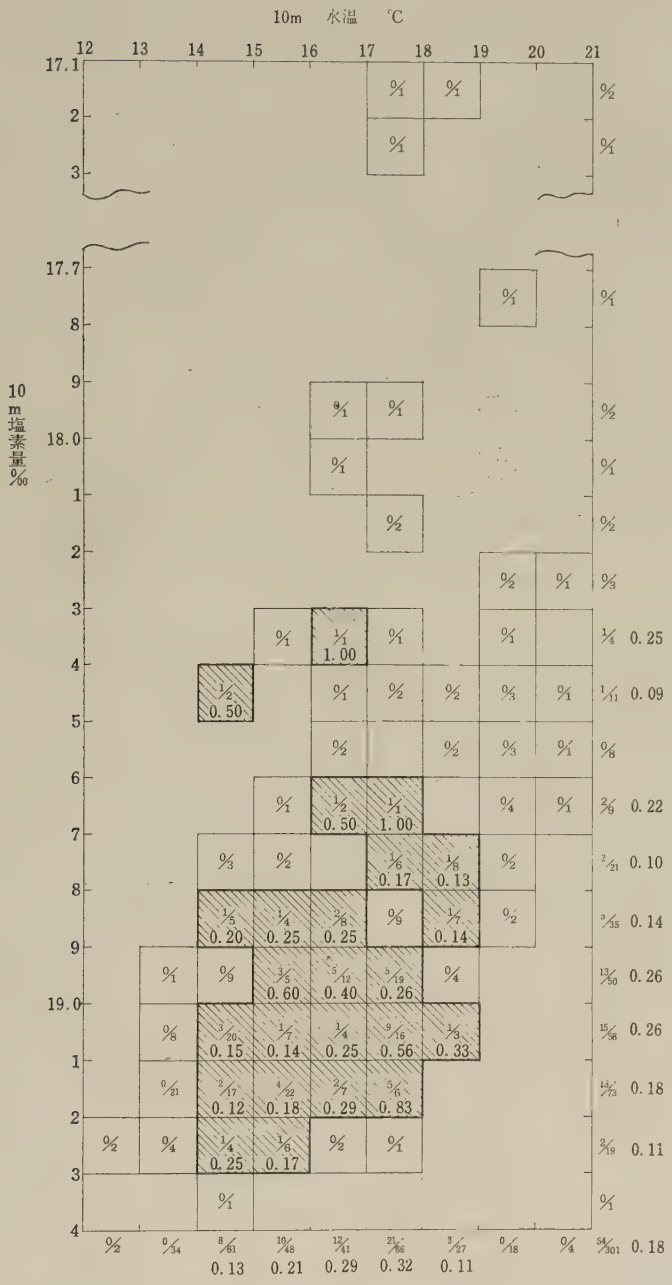


図 3.7.4 10 m 水温と塩素量に対するブリ 100 尾以上漁獲日出現率
季節別（3～5 月）島勝漁場（30, 34 年）
尾鷲，九木一，二号（32, 33 年）｝計

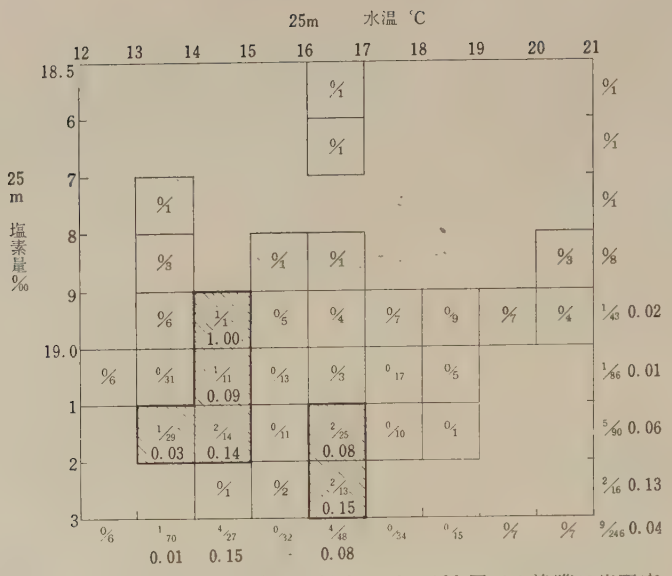


図 3.7.5 25 m 水温と塩素量に対するブリ 100 尾以上漁獲日出現率
季節別（12～2 月）島勝（30, 34 年）
尾鷲，九木一，二号（32, 33 年） } 計

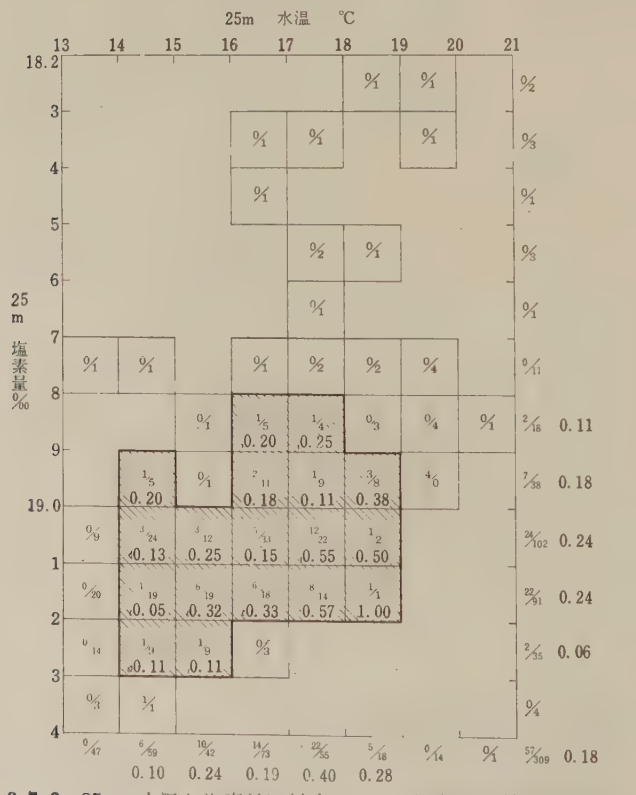


図 3.7.6 25 m 水温と塩素量に対するブリ 100 尾以上漁獲日出現率
季節別（3～5 月）島勝漁場（30, 34 年）
尾鷲，九木一，二号（32, 33 年） } 計

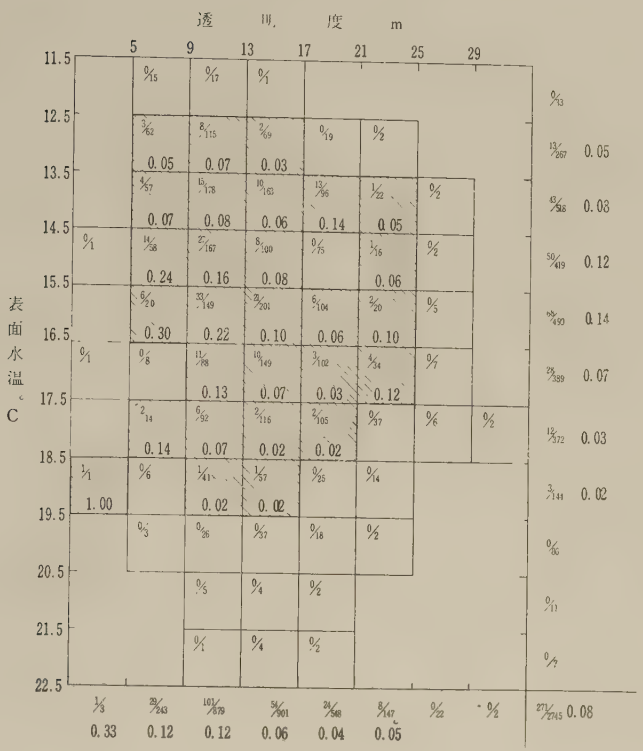


図 3.8　表面水温と透明度に対するブリ 100 尾以上漁獲日の出現率
尾鷲湾全漁場（32，33 年度）
桂城湾 {島　勝（30，33，34 年度）} 総計
　　{錦一，二，長島（32，33，34 年度）}

域の中心部分とは幾分ずれていると言えよう。

また頻度分布を見ると，ごく水温の低い時には割合透明度が低いが，水温のごく高い時の透明度はまず中程度となつている。この前者の点は，木村（喜）（1936 a）が駿河湾東北隅の淡島付近ですでに認めたことであり，これは水温が低い程対流層が深層に及ぶためで，このような現象は底質がヌタによつて厚くおおわれている地方にとくに著しいであろうとしている。

水温と透明度を組合せた属性の意義は，透明度そのものも濁りの指標として不十分であるし，濁りの内容も複雑であつて，水温と組合せて前項の滲透圧のように一つの要素にまとめることも難しいので，はつきりしたものがない。ここの項は材料を整理して出したというに過ぎない。

今まで水温と透明度を組合せないまでも並べて，漁況との関係を論じたのに田内（1956 b）がある。熊野灘の 15 漁場の昭和 30 年の漁況を平年並の 28 年とくらべた結果，3，4 月にとくに海が濁るか（≦11 m），澄む（≧16 m）場合と水温が高い場合にブリの接岸が妨げられると結論している。昭和 30 年は高温の年であつてごく低温の場合は問題にならないので，筆者の結論がこれと異なるのは透明度の低い場合のみである。

3.1.4.3　塩素量と透明度の組合せと漁況

漁場における表面の塩素量と透明度の組合せに対して，ブリ 100 尾以上漁獲日の出現率を求める。表面塩素量の多少は沿岸水と外洋水の入り混りの模様により，沿岸水が卓越すれば漁場の塩素量は低くなる。図 3.9 は前項などと同様な方法で表面塩素量—透明度平面で各階級を表わす升目の分布と，各々の升目に

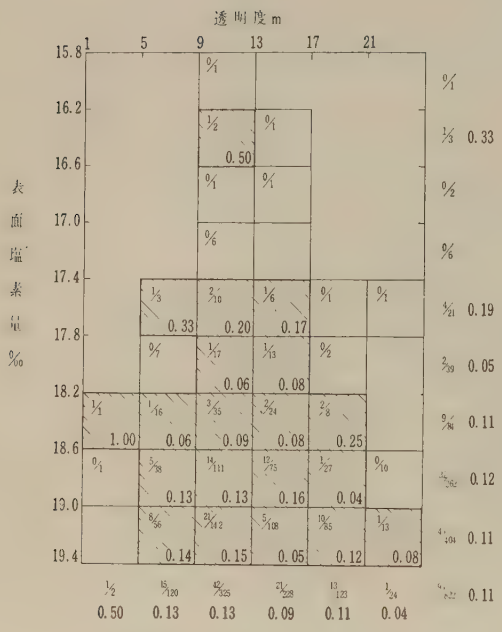


図 3.9 表面塩素量と透明度に対するブリ 100尾以上漁獲日出現率
島勝漁場（30，34 年度）
尾鷲全漁場（32，33 年度）
} 総計

おける 100 尾以上漁獲日の出現率を示している。ます目の分布を見ると，高い透明度はほとんど塩素量の大きい時に現われるが，塩素量の低い時には透明度はとくに高いとか低いとかいうことはない。言いかえると漁場における塩素量の大きい外洋系水にはかなり澄んでいるものがあること，沿岸系水は透明度 5～17 m あたりが普通であつて，全部を通覧すれば沿岸系水がとくに濁つているとは見えないということになる。もつとも直接の降水も沿岸系水の中に含めての話である。

次に漁況，すなわち 100 尾以上漁獲日の出現率を見るに，出現率が 0 でない領域を今までと同じく斜線で示すと，塩素量のごく小さいところ，透明度のごく高いところが有漁の領域から外れて漁況が悪いということになるが，資料数が少ないため統計的にはその差は明かでない。実際問題としても，漁況に関連の深いのは塩素量では 10 m とか 25 m 層とかいう中，下層のものであろうし，透明度はブリ漁況との関連が比較的弱いことはすでに述べたとおりであつて，斜線の領域が観測された領域の大部分を蔽い特徴のないものとなつたことは表面塩素量と透明度との組合せがブリ漁況とあまり関係がないことの裏付けとも言える。

3.1.5 漁場における流動と漁況

これまで漁場の水温，塩素量，透明度のような言わば静的な海況要素について取扱つたが，ここで流動とブリ漁況について考えて見る。漁場における海水流動の原因は様々であり，たとえば潮汐，風，外洋の海流などに地形の如何が影響し，流動の模様は場所，深度，潮時によつてかなり異なるので，漁況との関係を一般的な法則として捉えることは難しいであろう。しかし，流動を方向と速さにわけて，研究して見れば或いはという気もする。そこで日々の流動の朝，夕の観測資料と漁獲量とを対応させて統計的に検討することにする。資料としては，昭和 29 年 12 月—30 年 5 月に島勝漁場で毎日朝，夕，定置網の外側のところで，潮流板を使つて表層の流向と流速を測つたものを使う。漁況に関係の深い流動はブリの行動から見れば，主な遊泳層である中層のものであり，網成りという漁具の方から見れば表層から下層までが与かるが，中，下層の流動は表層とかなり異なると推察されるし，表層の流れのみでは風の影響も多く受けるので，このような表層の資料ではあまり成果は期待できないかも知れない。

3.1.5.1 漁場の流向と漁況

観測資料を 8 方向に整理して，方向別，朝夕別に頻度を調べたものは前章にすでに示したが（図 2.12.1），南東流を中心とする 3 方向が圧倒的に多く，そのちようど反対側の方向がこれに次ぎ，南西や北東流がとくに少ない。朝夕別に見ると，この傾向は朝に明かで，夕時では北西流を中心とする方向がかなり増して，いささかぼやけて来る。これらの理由は島勝漁場の地形が関係し，網に最も近い陸岸が北西から南東に連なつているためでもあろうが，風の影響も表層流には大きいと思われる。そこで流動を測つた時の同じ場所での風向の頻度分布をやはり 8 方向，朝夕別に作つて見ると（図 3.10.1），流動の頻度分布とほとんど一致している。この場合，風向の呼び方は流動とちようど反対で，吹いて来る方向であることに注意する。

次に流動の方向と漁況との関係を見るために，今までと同じくブリ 100 尾以上の漁獲回数の出現率を 8 つ

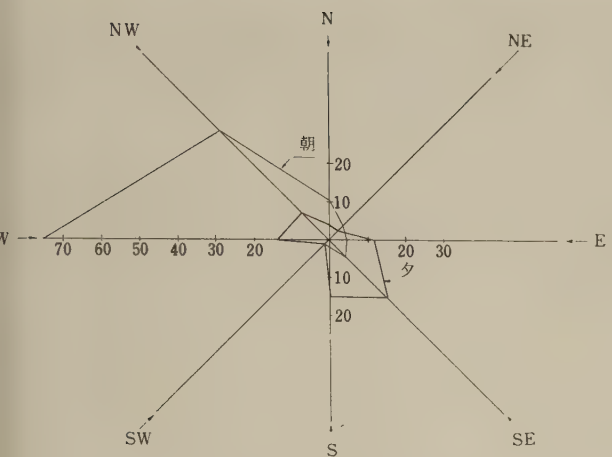


図 3.10.1　島勝漁場の風向の頻度分布
昭和29年12月—同30年5月

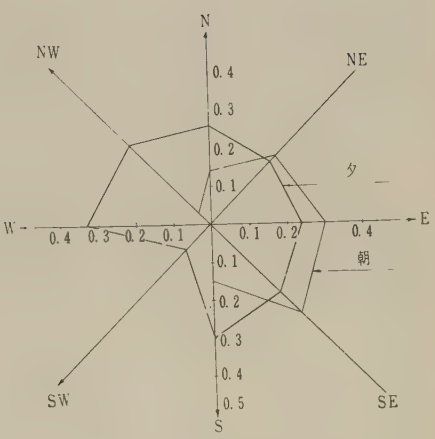


図 3.10.2　島勝漁場流動の方向と100尾以上漁獲回数出現率
昭和29年12月—30年5月

の方向別に計算すると（図 3.10.2），朝持で全く悪い西流，北西流が夕持では割合によいという以外は，朝夕は似ている。南西流は悪いが資料数が少ないので，方向によつて有意の差が見られない。そこで，N，NE，E と S，SW，W をそれぞれまとめたものの有漁日出現率を求めて，検定すると（表 3.11），朝持では前者の方が多少よい程度で，夕持では差が見られない。前者は北東流を中心とする一般には真潮と言われるものである。南西流が悪いと言つても観測回数が少ないので，明かでないし，その他の方向についても漁況についての特徴はあまり認められない。前に述べたように表層流に関するもので中下層ではないためであろう。

表 3.11　表層流向別のブリ100尾以上漁獲回数出現率
島勝漁場（昭和29年12月—30年5月）

流　向	朝		夕		流　向	朝		夕	
N	1/7	0.14	4.5/17	0.26	N				
S	4/27	0.15	3/10	0.30	NE	12/45	0.27	12.5/50.5	0.25
E	9/30	0.30	5.5/22.5	0.24	E				
W	0/3.5	0	3/9	0.33	S				
NE	2/8	0.25	2.5/11	0.23	SW	4/33.5	0.12	6.5/24.5	0.27
NW	0.5/11.5	0.04	3.5/11.5	0.30	W				
SE	11.5/34	0.34	4.5/17.5	0.26	NW	12/45.5	0.26	8/29	0.28
SW	0/3	0	0.5/5.5	0.09	SE				
計	28/124	0.23	27/104	0.26					

今までで，漁場の流向とブリ漁況との関係を統計的に研究したものに野沢の報告（1960）がある。九木一，二号，尾鷲の3漁場の昭和32，33年の資料により，入網回数/揚網回数，すなわち入網率と1回当りの平均漁獲量で漁況を見，流向は上汐（NNW）と下汐（SSE）の2通りにまとめられているが，やはり流向は各漁場とも漁況に影響が見られないと報告している。

3.1.5.2　漁場の流速と漁況

定置網を流失させるような強い流れが漁況を悪化させることは言うまでもないが（宮本，1954），それほど強くなくとも流れの強弱，つまり流速の大小はやはり網成りをとおして漁況に関係すると考えられている

(例，宮本，1951)。漁況に関係するには，流向の場合にも述べたとおり，ブリの接岸とか回遊とか生態的な点で影響する場合と網成りに変化を起す場合との2通りの原因が考えられる。魚は速さが適当ならば流れに向つて定位するという性質がある（たとえば内橋，1960）ことや魚群の来遊の方向に卓越したものがあることは前者の場合を裏付けるし，後者は容易に理解されることである。

さて，漁場における流速の大小と漁況との関係を求めるに，資料としては流向の場合と同じ島勝のものを使うが，29～30年の時期ばかりでなく，33～34年のものも入れた。この後者の資料を流向の場合には使わなかつたのは流向の判定と記録に疑問があつたからである。まず昭和29年12月～30年5月に島勝漁場の表層流速がどんなであつたかを，流速を幾つかの階級にわけて出現の頻度で見る。まず方向を前述のように，最も多い NW 系（NW，N，W の3方向を合せたもの）とそれに次ぐちようど逆の SE 系にわけて，朝夕別に調べた（図 3.11.1）。ならして最も多いのが毎分 4～6 m（約 0.2 ノット弱）で，12 m/min（約 0.4 ノット）以上は極めてまれであつたことがわかる。また平均流速は図からもわかるが方向では異ならず，また朝より夕の方が大きいようであるがその差は大したものでない。方向をこみにして月々で見ると（表 3.12），4，5月に大きくなつているが，その他の月にはあまり差がない。

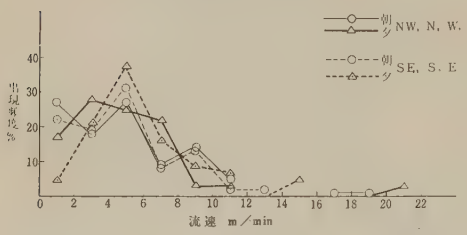


図 3.11.1 漁場の流速の頻度分布 島勝漁場（昭和29年12月～30年5月）

表 3.12 漁場の月別流速 m/min
島勝漁場

月	朝	夕
29年12月	3.5 (19)	3.5 (12)
30年 1月	3.8 (29)	4.6 (19)
2	3.5 (24)	4.0 (20)
3	4.0 (28)	3.6 (23)
4	4.4 (23)	5.2 (23)
5	5.8 (27)	5.8 (25)
平 均	4.2 (150)	4.6 (122)

( ) 内は観測回数

前述のとおり表層の流れの方向は漁況との関連があまりないらしいので，各方向や朝夕をこみにして，流速のみで，100 尾以上漁獲回数出現率との関係を求めた（図 3.11.2）。この場合には昭和33年12月—34年3月の資料をも加えた。これで見ると，破線で結んだところは資料数が少ないもので確かでないが，標本誤差を考慮すると 15 m/min（約 0.5 ノット）より速いと獲れ難くなり，それ以下では流速と漁の良否はあまり関係がないが，ただ 2～4 m/min のところはやや悪いように見える。0.5 ノットより速いと獲れ難くなるというのは網成りが悪くなるためであろうか。2～4 m/min のところについてはもう少し資料を集めて吟味する必要があろう。

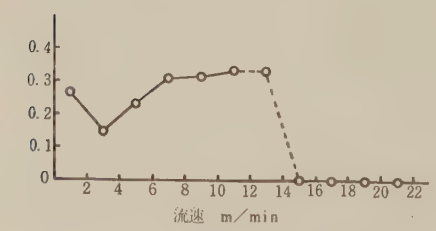


図 3.11.2 流速とブリ漁況との関係

前項で引用した野沢の報告（1960）では，流速を≦0.1 ノット，0.1～0.2，0.2～0.3，＞0.3 ノットの4通りにわけて，流向の時と同じように漁況との関係を統計的に研究したが，≦0.1 ノットと ＞0.3 ノットの場合には入網率が低く，＞0.3 の場合には≦0.1 よりさらに低くなつている。また1回当りの平均漁獲量は大体流速の増加とともに減少している。また宮本（1956b）が昭和30年6，7月に北海道桧山のブリ，マグロ定置で調べた結果でも，0.3 ノット以上になると網が大きく崩されて，箱網内の魚の歩留りが悪くなつている。筆者の結果は総じてこれらと大体差異がないといつてよかろう。

これらは流速と漁況との関係であるが，揚網の可能な範囲について論じているわけではなく，揚網の可能

な率はこれではわからない。宮本 (1941) が相模湾や熊野灘の 21 ブリ定置漁場（大謀または落）について流速と揚網不能率の資料を整理研究した結果では，揚網の能不能の割合が相半ばした時の流速（限界）はほぼ 0.3～0.7 ノットの範囲にあつて，筆者が島勝漁場（落網）で得たブリが獲れにくくなる流速の 0.5 ノットと大たい合つている。このことから流速と漁況の関係は主として網成りの如何によるといつてもよかろうか。

3.2　一般海況および気象とブリ漁況に関する既往諸研究の総合

これまでにブリ漁況との関係を統計的に検討した海況は，定置漁場かまたはそのごく近傍のものであつた。しかし，前にも述べたようにブリが入網するためにはその前に来遊と接岸がなければならず，それには外洋の海況が関連するはずである。ところがこのような広い空間の海況を扱うことになると，観測資料も乏しく海況の表現も大まかとなり，それと対応させるべきブリ群の動きも的確には捉えられず，漁況を表現するのにも多くは年を単位として豊漁とか不漁とか言う程度に止まらざるを得ない。年を単位とすれば，年数が標本数であるから，大ていの場合海況の資料の都合でごく少数の標本例によるものとなる。したがつて，従来発表されたこれらに関する研究の多くは，それが普遍性を持つか否かを判断するために長年の諸研究者の論議の総合を必要とするであろう。現在はまだそれが可能な段階には達していないと思われるが，ここではとにかく今までの諸説を整理して，その中に共通なものを見出すように努め，今後の研究の足がかりとしたい。取扱う海況は主として水温と海潮流で，気象としては低気圧のみである。

3.2.1　水温の高低と漁況

水温の高低や変動と漁期を通してのブリ漁況の良否との関係を，沿岸と外洋を合せた海域について水塊の動きと関連して研究したものはあまり多くないが，それらの結論を海域別に整理，表示して見る（表 3.13）。海域によつて結論が異なる場合のあるのは当然としても，同じ海域でも必ずしも同じでない。比較的共通性のある結論は，高温がよい（石津），低温が悪い（鈴木，浅利，木村(喜)）というものである。ただし宮崎県と富山湾ではこれと逆となつている。

表 3.13　水温の高低とブリ漁況に関する諸研究

結　論	研究対象年	海　域	著　者
寒流が接岸するとブリ不漁	大正13年～昭和32年	宮城県	鈴木，1960
冷害の年はブリ不漁（昭和 9，20，28 年）4～8 月		福島県	浅利，1960
漁獲適水温 14～15°C の期間が短く，しかも盛漁期の 2～4 月に適水温よりはるかに低いと凶漁（昭和 9 年）	昭和5～9年	相模湾	木村(喜)，1935b
水温の急激な変化が魚群の去来に影響する。沖合系暖水の多量の流入が魚群を沿岸に運ぶ	昭和5～13年	相模湾	〃　，1940
水温がとくに高いとブリの接岸が遮げられる	昭和28，30年	熊野灘	田内，1956b
潮岬の水温（年平均 5，8 月）の高い年や低い年の中間でブリ豊漁	明治43年～大正11年	太平洋	宇田，1937b
3，4 月に低温の時豊漁。高温では不漁	大正15年～昭和8年	宮崎県築島	木村(五)，1935
水温の高い年が漁獲が多いが，時期外れの高温，低温では少漁。水温の変化の多い年は少漁。17～18°C に昇る時大漁がある	昭和8～25年	長崎県女島	石津，1956
100 m 以浅が或る程度低温，低かんで，その中鉛直変化が少ないと豊漁。これと反すると不漁	昭和9～13年	富山湾	小島，1939

3.2.2　外海の海潮流と漁況

外洋や大きな湾の海潮流の模様を大づかみにし，それと年々のブリの豊凶とを対応させて，関係を論じた研究はかなり多いのでそれらを総合して見る。

まず多くの研究者によつて支持されているのは，外洋水が沿岸に寄せるとブリ群を圧迫して接岸させ入網を誘うということである（三浦，1927；宇田，1935，1937a，1955；木村(喜)，1935b，1937d，1940；高橋(亘)，1938；永田，1954；西川・森，1956a；山田(又)，1958；利渉・小野・上村・古市，1960)。とくに木村(喜)(1935b，1940，1942）は沖合の水系が沿岸に流入し水温が一時に急昇する現象を大急潮と名づけ，相模湾の各定置漁場の昭和5～13年の日々のくわしい観測結果から，それが相模湾においては顕著に出現することを述べ，その性質を詳細に論じている。そして，湾内の地区別にブリの漁況と大急潮の出現とを対応させた上で，ブリのまとまつた漁獲は一般に冬季大急潮に引き続いて起ることを指摘した。なお大急潮というほどではなくても絶えず沖合から沿岸へ海水の流入があり，沖合との水温差が少ない時や場所にはブリの好況が期待できると述べている。これらの外に，ブリ群を直接に圧迫するといわないまでも，暖流が沿岸に近づくことがブリの好漁をもたらすと論じたものに，暖流系水に乗つて沿岸に来る（石田(稜)，1936)，ブリは暖潮を追つて来去する（山手，1935)，南紀州で暖流が岸に迫つたためブリ群が移動を遮げられて北紀州に停滞し好漁となつた（石原(重)，1936)，などがある。また潮流の転換期に豊漁（昭和30年）があつた（高芝，1955）という報告もある。さらに，太平洋岸には所々に関門があつて暖流がそこへ近接するとブリの移動をさまたげるもので，その関門は潮岬と大隅海峡，その他所々の岬角であるとの説（宇田，1955；宇田・山本，1955）があるが，これは前掲の石原(重）(1936）の所論を一般化したものといえる。

次に沖合について見ると，太平洋に関しては遠州灘沖の冷水塊の消長とブリ漁況について興味ある説がある。宇田・山本（1955)，宇田（1956）は昭和27年2，3月にはこの冷水塊を反時計まわりに巡る黒潮が北上して相模湾に直入し，急潮を起してブリ群を濃縮して好漁を示し，昭和30年2月も同様で熊野灘にも，冷水塊を巡つた暖流が沖合から流入し，豊漁をもたらした。ところが，翌31年2月には冷水塊の中心が岸に近く，沿岸がずつと冷水域で蔽われて暖流の接岸をさまたげたためブリが不漁であつたと説いている。高芝(1955，1956）も，昭和30年2月には熊野灘沖合の冷水塊が発達し，中心が潮岬南方50浬付近にあり，5月までこの状態が続き，その北側の熊野灘沿岸では流向は西か南西であつた。翌31年はこれとかなり異なり，あまり優勢でなく御前崎沖にあつて東北に偏つたので三重県方向への西向皮流が弱く，熊野灘沿岸は異常低温であり，前年の豊漁にひきかえ不漁であつたと，宇田と全く同様な見解を述べている。利渉ら（1960）も昭和31年に房総が不漁であつた理由として，上述とほぼ同様に遠州灘冷水塊が消える過程で中心が東へ伊豆半島沖に移つて来て，黒潮が沖に離れ，魚道が沖へ拡がつたことを挙げている。

これらの冷水塊に関連した所論は，暖流の分派が岸に寄るとブリ群がそれに乗つて来て好漁となることを前提とし，冷水塊を巡る暖流が漁場に寄るか否かで豊凶が起るとしたものであつて，取扱つた資料が少ないので仮説というべきであり，魚群の動きを観測し，或いは統計的の検討が行なわれてはじめて客観的に裏付けされるものではあろうが，常識的には無理のない説と考える。

しかし，最近2，3年，昭和30年頃とほぼ同じような冷水塊が存在しているのに熊野灘のブリ漁況は平均以下を続けていることは，ブリの漁況を支配する主因を冷水塊に関するこのような説のみで説明するのが無理であることを物語るものである。森（1957）が昭和29～32年の年々の遠州灘沖の冷水塊の模様を列挙し，相模湾と熊野灘のブリ漁獲尾数比をこれと対応させてこの間に一定の関係が見られないことから，冷水塊のみが相模灘より南下する魚道を妨げる直接原因と考えられない，としているのは，この点に早くから気づいていたものというべきであろう。

3.2.3 低気圧と漁況

低気圧の接近がブリ定置網漁に好影響があるということは古くから言われており，研究もかなり多い。それらの研究の主な内容をわけると，一つは低気圧や不連続線の通過することがブリ漁によいかどうかという問題，他はその通過を中心にして前後数日の間のどの日に多くとれるかという，漁獲の配分の問題の二つである。漁況とは別に低気圧の通過が気象や海況にどのような影響を与えるかについても多くの研究があるが，それは後にゆずる。

さて，低気圧の通過は果してブリ漁に好影響を与えるであろうか。三浦（1927）は大正14～15年の豆相

沿岸，高知県，宮崎県における冬ブリ漁期の漁況と低気圧の径路，影響日数等の資料をすこぶる詳細に発表した。そして低気圧の径路を5つに分類し，それぞれ漁況との関連を論じている。その結論はほぼ妥当であるが，統計的な吟味が不十分な個所もあるので，筆者は三浦の報告した低気圧の日数（影響日数）の漁期総日数に対する比を求め，これを漁期間の総漁獲尾数に乗じた尾数と，実際の低気圧影響日間の漁獲尾数を比べることによつて，低気圧のブリ漁況に対する影響の良否を見た（表 3.14）。その結果は，大正15年のみ

表 3.14　低気圧の進路とブリ漁況に対する影響（大正15年）

	豆相沿岸（182日）				高知県（126日）				宮崎県（105日）			
低気圧進路	n 日	$714\times\frac{n日}{182日}$	実漁獲尾数千尾	判定	n	$145\times\frac{n}{126}$	実漁獲尾数千尾	判定	n	$70.7\times\frac{n}{105}$	実漁獲尾数千尾	判定
第一線	55	215	216		32	37	37		22	17	8	不
第二線	17	67	278	良	19	22	24		17	13	3	不
第三線	13	51	45		20	23	6	不	15	12	19	良
第四線	33	129	80	不	21	24	3	不	26	20	23	
第五線	—	—	—		15	17	70	良	13	10	19	良

n は低気圧の影響日数

の資料であるから，十分な結論とは言えないが，低気圧にはブリの漁況によい影響を与えるものと悪いものとあり，海域によつても異なる。すなわち，豆相沿岸のブリ漁況によいのは，三浦のいう第二線低気圧であり，高知，宮崎両県では第五線が，そしてさらに宮崎県では第三線がよいようである。これに反しよくないものもあること，表 3.14 に示すとおりである。第二線低気圧というのは，強い主低気圧がシベリヤから南満州，沿海州を通り，日本海北部からオホーツク海に入つてとくに強くなつたもので，太平洋岸には弱い副低気圧が通つている。第五線低気圧というのは，アジア北方大陸を東進してオホーツク海北部に至つて烈しくなるか，または華中から日本海を縦断してやはりオホーツク海北部に入つて強烈となつたものである。第三線とは，主として3月以後に起るらしく，アジア大陸南部か東部より南東に進んで日本海を横断し，奥羽か北海道南部を通つて太平洋に出るので，この進行中には発達して強くなるが，烈しさは第二線に劣るものである。ただ副低気圧の有力なものができて太平洋で合併するが，不連続線がその前後に起つている。宇田 (1935, 1937a) は相模湾の大磯，小八幡，真鶴の3漁場の昭和5～8年の冬ブリ漁期（12～1月）について，1,000 尾以上の漁獲のあつた日の前後の気象を調べ，大部分は大陸旋風を起す低気圧とそれに伴う不連続線がその前に来ていることを報告している。筆者はその個々の資料について度数を数えて見たが 1,000 尾以上の漁獲が 63 回あつたうち前日ないし3日前に強風，雨雪，低気圧通過か何れかの回数は 38 回の多きに達している。この漁期を3日間ずつに区切つた場合にこのような気象状況の日の出現率は 38/63 よりはかなり小さいと思われるので，宇田の所論は或る低気圧がその直後にブリに好漁をもたらすものとして妥当であろう。

高芝 (1955) によれば熊野灘のブリ定置では，昭和30年1～4月に主低気圧が紀伊半島沖合を通る場合と，日本海南部と太平洋側に低気圧が併列して通過する場合に好漁があつたという。この後者の場合は三浦のいう第五線の一つに似ており高知，宮崎両県に好漁をもたらしている。高芝はなお，この年の低気圧の進路の型を4つに分けているが，その報告した漁獲尾数から低気圧の1回当りを計算して見ると，ここに述べたものの外に三浦のいう第三線に似た型も同じていどの影響となる。この年は低気圧近接 22 回の中 18 回に漁獲があつたが，漁期間の日数の中漁獲のあつた日数も多くその比は 53/80 で上の 18/22 と有意の差がないので，低気圧が好漁をもたらすとは必ずしも言えない。高芝の資料では三浦の第四線に相当するB型が1回当りの漁獲尾数がとくに少ないが，三浦の資料ではやはりこれがブリ漁況によくない型であることは面白い。高芝 (1956) はなお熊野灘の昭和26～30年度について上記の低気圧による各年毎の漁獲尾数の%を低気圧の型ご

とに求めた。低気圧が N28～42 度，E130～140 度に存在して漁獲のあつたものと存在しなくて漁獲のあつたものにわけているが，漁獲のなかつた日数についてもそれぞれに考慮すれば，低気圧の好影響を判断することができるであろう。高芝は同じ報告で各年の低気圧の発生回数を報告しているので，これと筆者が計算した各年の九木一，二号，島勝，錦一号を合計したブリ漁獲尾数の対数との相関係数を求めると，$r=0.84$ となるが資料が僅か 5 年間であるから有意とは言えない(図 3.12.1)。宮本・野村・野沢(1954)，野村(1956)は熊野灘（昭和 27，28 年）と相模湾（昭和 28 年）の冬ブリの漁期における日々の漁獲尾数と顕著な低気圧通過の時日の資料を発表し，低気圧通過日を中心とする 3 日間のうちどの 1 日かが漁獲の山の中のどの日かに当つている回数を数えた。これのみでは低気圧が漁況に好影響を与えるかどうかわからない。それは漁獲の山の範囲を広くとればとるほど低気圧の好影響を大きく見積ることになるからである。そこで筆者は漁獲の山に当る日で低気圧に関係のない日を数えて見たが，熊野灘（昭和 26～27 年）ではこれが 16 日ある。したがつて漁獲の山に属する日が 40 日であるから，低気圧に関係したのは 40－16＝24 日ということになる。一方漁獲にかかわりなく数えると低気圧に属する日は 75 日，それ以外の日が 107 日となるから，24/75 が

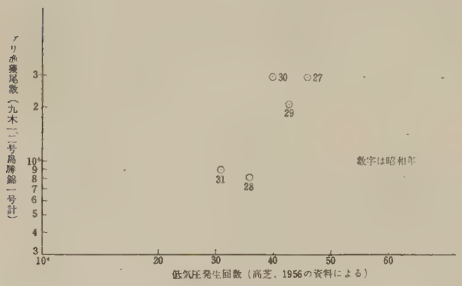


図 3.12.1 低気圧発生回数とブリ漁獲尾数

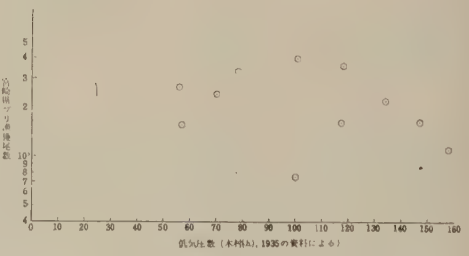


図 3.12.2

16/107 とくらべて有意の差があるか否かを見ると水準 1% で有意となり，低気圧は好漁況に関係すると言えるし，他の年についても同様有意となる。木村(五)(1935) は宮崎県の築島漁場では大正 15 年～昭和 8 年に 500 尾以上ブリの獲れた日が 45 回で，その中 12 回は低気圧と無関係であり，低気圧の通過したうち 10～20% がブリの漁獲と密接な関係があるのみで低気圧は漁況に関する一因子に過ぎないと考えろとしている。氏の報告した大正 13 年～昭和 9 年の冬ブリ漁期間の低気圧数はかなり多いので宮本らの扱いとは異なるが，一応この数と宮崎県のブリ漁獲量の対数との相関を見ると（図 3.12.2）全く関係が見られない。三谷 (1954) は若狭湾西部の 4 漁場について，昭和 25 年 10 月～28 年 1 月において，低気圧接近とブリ漁況との関係を統計的に検討し，日々の漁況として前日よりの増減で良否を判断している。そして接近 3 日前と 3 日後は良否何れともわからないが，1 日前は悪く，2 日前と 1，2 日後は良く，当日は何れともわからぬという結果を得た。当日と 1 日前は荒天のため操業率が悪いであろうと推察されるので，とにかく低気圧の接近はブリ漁況によい影響を与えると判断してよかろう。なお氏の示した低気圧数は昭和 25 年 10 月から翌年 1 月の間で 17 回であつて，前記木村(五)が 1～4 月の 4 カ月で 56～158 回を数えているのとは基準が異なっているが，宮本らとは同じ程度の基準と思われる。また，永田 (1954) は富山湾について，昭和 26 年度（鈴島，藤波），昭和 27 年度（大神楽，藤波）の 11～1 月における日々の漁獲尾数，表面水温と輪島における最低気圧をまとめて調べ，両年で 8 回の漁獲の山があつたが，ほとんどそれは低気圧が不連続線が通過した日か 2 日後に漁獲が始まつていることを報告している。

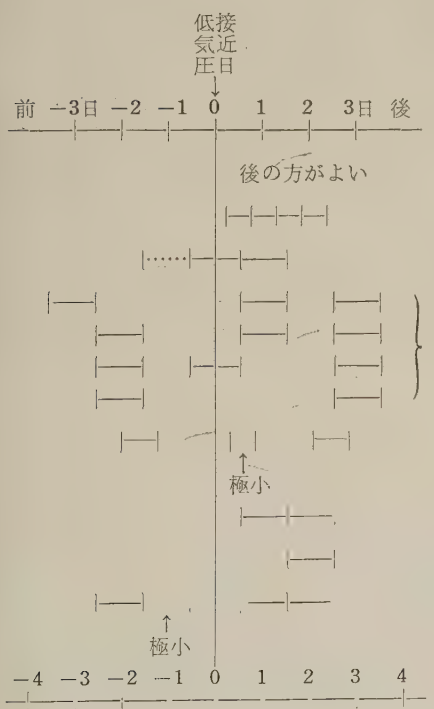
西川・森 (1956 a，b) は長崎県五島の崎山，長手（昭和 23～25 年）と玉之浦黒瀬（昭和 28 年）の 3～5 月の日々の漁況と低気圧および不連続線の資料を整理して，長手では日々の漁獲の山は低気圧の接近通過総数の 72% に関係が見られ，漁況に極めて好影響を与えていると述べている。この扱いでは漁獲の山を中心にして前後 3 日ずつ計 7 日を漁獲日としており，山の数は漁期の 3 カ月では平均約 7 回となつているので，約

$\frac{7\times7}{31+30+31}=0.55$ は漁獲日に属するはずで，上の 72% はこれより大きいので低気圧の接近が漁況に好影響を持つと言えるが，低気圧の種類を吟味すれば極めてよい影響を持つものを探し出すこともできそうである。なお氏らは低気圧の進路について分類を試み，1) 楊子江流域から東支那海を東進して，朝鮮海峡を日本海へ抜けオホーツクへ出る，2) 楊子江流域から東海北部を東進して朝鮮南部を通り，本州中部を東へ抜ける，3) 楊子江流域から朝鮮北部を通り，日本海を東進し東南東に太平洋へ抜ける，4) 支那東海南部から九州南部を東進し，本州太平洋岸を北東進する，という4つの型を示し，多くは 1)～3) であると述べている。

以上の結果を総合すると，低気圧や不連続線の近接は確かにブリ定置網に好漁をさせる効果を持つが，どのような低気圧でもそうだというわけではない。或る種の低気圧の時にはかえつて不漁となつた例も認められる。どのような低気圧がよいかはあまり確かではないが進路を分類した研究をまとめると，海域によつて異なるし，研究者によつても相異するが，まずアジア大陸北方か華中から日本海を通つてオホーツク海に入るもので，大陸旋風とも呼ばれる強い低気圧がそれに当るらしい。これに伴つて不連続線が生ずれば，それも好漁の原因に数えられる。単に低気圧と言つても強風や相当の雨雪を伴うものでないと，ブリ漁に対する好影響は期待できないであろう。

ではこのように低気圧がブリの好漁を誘う場合，近接日の前後の何日頃がよいか。統計的な研究がかなり多いので，それを表にまとめて見た（表 3.15）。これらはほとんど低気圧の近接日を中心にして，前後数日間の毎日の漁獲尾数を加えてその大小によつて論じているが，三谷（1954）のみは前日と比べて漁獲の増減を数え増を +1，減を −1 として加え合せたものについて統計的検定を行つている。これらをまとめると，多くは半日ないし2日後の間に漁獲が多くなつており，前にも好漁があつたのは長崎五島の漁場と若狭湾西部のみで，相模湾も熊野灘も前の方がよいことはないらしい。なお近接の当日は荒天のため操網率が悪いので漁獲は多くなつていない。

表 3.15　低気圧接近とブリ漁況（ブリ好漁日を線で示す）



備　考	
大正 15 年	
昭 5～8 年	真鶴，小八幡，大磯（宇田，1935，1937a）
昭 27，28 年	熊野灘（宮本・野村・野沢，1954）
昭 23	長崎，崎山漁場（西川・森，1956a）
24	〃
25	〃
28	長崎，黒崎 〃 （ 〃 ，1956b）
3～5月	
大正 7～15 年	長崎，西村（宇田，1927）
大正 7，8，10，15 年	富山湾，前網，小杉（市島，1928）
昭 26，27 年度 11～1 月	富山湾（永田，1954）
昭 25. 10～28. 1 月	若狭湾西部（三谷，1954）（統計的に吟味されている）

3.2.4 低気圧と海況との関係

低気圧がブリの好漁を誘う機構については諸説がある。低気圧は直接或いは間接に海況に変化を及ぼし，その海況の変化がブリの入網を誘うものであろうが，海況といつても要素は多いので，諸説をできるだけ海況の要素で分類整理して見ることにする。

まず流動についてであるが，三浦の説（1927）によると，低気圧の来襲の半日か1日前には平常と異なる方向の急潮が現われる（前急潮）という。平常は大体岸に平行な上り潮下り潮であるのが，沿岸に突込む込み潮，流出する出潮が現われるか，または流れの方向はあまり変らぬが速さが大きくなる。低気圧の通過後にも後急潮といつて，やはり流れが速くなつたり，潮流の方向が変つたりする。これらの急潮をまとめて狂い潮ととなえ，大正 15 年の相模湾，高知県，宮崎県の資料を報告している。そして狂い潮が起ると海底のヌタがまき上げられて海水が広範囲にわたつて白濁するので，ブリが沿岸に近づいて来るというのである。宇田（1935, 1937a, 1955）は相模湾についてくわしい海洋観測の結果から，低気圧が西から東に動くとき，大島以南以西の区域には南西または西風が卓越して，湾内に黒潮の分枝の流入を増大させ，反時計まわりの渦流を助長し，湾内にいるブリ群を圧迫して入網させる。その上内部波に起因する下層冷水の鉛直的圧迫による魚群の濃縮効果も加わることがある。太平洋岸中部で，昭和 7，8，27，28，29 年はこのように暖流が沿岸を圧迫して豊漁となつたとしている。宮本・野村・野沢（1954）は昭和 26～27 年の漁期の相模湾真鶴漁場について，低気圧の来襲日とその前後数日の日々の潮流を統計的に調べたが，急潮の発生した 24 回中 15 回が低気圧通過時であり，網が被害を受けるような大急潮はほとんど低気圧が関係していた。山田（又）（1958）は西から日本海の沿岸ぞいに低気圧が来る時には太平洋岸でも南時化となり，暖流が太平洋岸に接近する原因となると，ほぼ宇田と同様な意見を述べている。永田（1954）は富山湾について，前記の資料から，低気圧或いは不連続線の通過後表面水温が降るのは湾内に冷水の性質を帯びた流れが起る結果であると述べている。西川・森(1956a）は長崎県五島の長手漁場の漁海況と五島灘の海況資料から，低気圧の接近によつて南風が吹いて対馬暖流分枝の北流が強くなつて沿岸水帯を圧迫して急潮を誘発し，低気圧の通過した後は高気圧が東へ移つて北東の向岸風が強まつて込潮となり，これらは何れもブリ群の入網を誘うと論じている。これらの諸説は何れも低気圧の通過によつて起る強風のため急潮が起ることを述べ，方向はところで異なるがそれが暖水で岸に向うものならばブリ群を入網に導くとしているものである。

次に水温については，低気圧は前記のような沖合から差込んで来る流動を生ずるので，太平洋側では昇温，日本海側では降温するが（宇田，1955），宮本・野村・野沢は昭和 27～28 年度の九木・錦・長島三漁場の日々の測定値によると，低気圧通過当日の水温は 2 日前とくらべると相当高い値を示すが，前日とはあまり違わない。この上昇水温は通過後 1，2 日続くが，若干昇り気味である。しかし低気圧の通過によつて水温に変化を示さない場合も多い，と報告している。また尾鷲湾放水影響調査団によるくわしい定点観測の結果によると（同調査団，1958），昭和 32 年 2～5 月において紀伊半島付近を低気圧が通過したのが 5 回あつたが，表面水温にはあまりはつきりした変化が見られなかつた。要するに太平洋側では低気圧の通過によつて多くは水温の上昇が起るが変化の見られない場合もある。日本海側では降温するらしい（永田，宇田）というのである。

塩素量については，やはり水温と同時に行つた尾鷲湾内外の観測によると資料が少ないので不確かであるが，湾口北部には高鹹な外洋水が入り，湾奥より陸水が大量に出る模様がうかがわれる。

透明度はかなり明瞭に低気圧の影響で変化するようで，三浦（1927）は前述のように通過前にすでに波によつてヌタを巻き上げて広い範囲に海水が白濁すると述べているし，山下（1928，1958）も同様なことを安全層が拡大されるという表現によつて述べているが，これは濁りが増すことによると考えられる。内橋（1930）も低気圧が来る 1，2 日前に波が来て海水が濁つて透明度が下ると述べたが，同様の観察は多くの人に経験されている所である。宮本ら（1954）は透明度への低気圧の影響を見るため，水温の時と同じ方法，資料を使つて研究したが，通過当日は前日或いは前々日にくらべ低い場合が多く，通過後は高くなる傾向がある。ただし水温の場合と同様に，低気圧の通過が透明度に変化を与えない場合もあつたということである。

これらの海況の変化がどのようにブリ漁況に影響するかはよくわかつていないというべきではあるが，前記をまとめると，流動—急潮が起つてブリ群を岸に寄せ圧迫するという説と沿岸における濁りがブリを生理的に誘うという説とになるようである。

以上低気圧の海況に及ぼす作用に関する諸説を述べたが，これに関連して，冬の低気圧の一般的の性質を考えると上の諸説の判断に役立つ。高橋(浩) (1957) は冬の低気圧は中緯度の大陸から出て来て，日本列島に沿い，東北東に進むことが多い。また前線が顕著に現われることもあるが，前線の模様は低気圧の発達の段階で著しく違い，閉そくした状態になるとかなり台風に似てくる。したがつて，雨や雪の降り方は発達の段階では違うが，一般に前線付近に多い。また気圧の中心が通過すると同時に，湿度も急に下り，天気は急速に回復する。しかし，この時気温は案外降下せず，かえつて天気がよくなるため，暖かくなることもある。そして 24 時間位してから気温が急降し，天気が一時わるくなることが多い。なお裏日本では低気圧が通過した後季節風が強くなり，かえつて低気圧の通過後に降雨が起り，前面では一時晴間ができることもある。このように低気圧の通過の際，地方によつて，天気変化の模様が著しく違うのは注意すべきである，と述べている。以上のように冬の低気圧といつてもいろいろ性質が異なり，局地的に見ればその径路によつて風向も大きく違い，海況に及ぼす影響も違うわけである。雨の降り方やその時機もいろいろで，低気圧が来ればブリがとれるというように簡単にきめてしまうわけには行かないことは前述のとおりである。

3.3 ブリ漁獲量の永年変動と海況・気象との関係

第 1 章でブリ漁況の永年変動を大小様々の区域について論じ，その要因についてもいささか考察した。また本章の 3.2 で一般のブリ漁況と海況・気象の関係についての従来の諸研究に関して総合的に述べた。この節では第 1 章で見た漁況の永年変動の要因について筆者が統計的に検討した結果を述べる。

まず全国とか大海域の漁況の年変動というような大規模な場合には，その漁況に関連を持つ海況といい気象と言つてもやはりきわめて大規模な範囲のものをとる必要がある。太陽の黒点数はそれにふさわしい指数であるが，ブリの永年漁況とも少し関係があつて，それも来遊を支配するというよりも稚魚の発生量に関係を持つらしいことは，すでに 1.3.1 で触れたところである。

次に東支那海域の永年変動が他の海域よりゆるやかで，短期変動が小さい。また長崎県が他海域の県とくらべて東支那海域の特徴を示している理由について，1.4.1 でも述べたが，この外に沿岸定地水温や塩分を見ると (図 2.5.1～4)，長崎県の五島大瀬埼のものは他の地点のものより永年変動も短期変動も明かに小さい。このような海況の変動の小さいことが，東支那海域のブリの漁況の変動の小さいことにも関係があるように思われる。

県の永年変動のうち三重県については，ブリ定置網着業統数が知れており，統数の永年変動 (図 1.6.2) とブリ漁獲量のそれ (図 1.5.1) とがきわめてよく似た形を持つていることを 1.4.1 で指摘したが，1.5.1 で見出したような熊野灘各定置漁場の漁獲尾数が何れも 18, 9 年の週期を持つことと照し合せて見ると，この県計と統数も 18, 9 年の週期をもつて変動しているといえそうである。もつとも定置漁場の代表として主要 4 漁場計の変動 (図 1.8.9) をとつてくらべると，山や谷の位置が統数のそれは 2 年位は後れているようである。これらについて解釈を試みる。

三重県の漁獲量と統数が同じ形の変動をすることについては，統数の大小が漁獲量の大小にそのまま利いたためと見ることはできない。統数の増減に係わる漁場は大てい二流以下のところであり，常に漁獲量の大きい一流の漁場はめつたに休業をしないので，漁獲量の変動は統数のそれより小さいはずである。さらに来遊魚群量の目安となる各定置漁場の漁獲尾数もそれぞれ統数と似たような変動をししかもそれより変動が大きいのであるから，直接に統数がその年の漁獲量の増減の主な要因というよりはむしろ来遊資源量が統数の増減の主因と見る方が自然である。着業統数はもとより社会経済条件に左右されるが，2, 3 年豊漁が続けば着業するものが増し，不漁が続けばやめるものが出るというのは人情の常であるからである。

またきゆうくつな前提であるが，熊野灘で一つのストックを形成すると考えると，次のような推論もできないことはない。図 1.6.2 と図 1.8.9 を比べて，着業統数が極大になつてから漁獲量がへり初め，統数がか

なりへると漁獲量がふえ初める。そして統数が極大の後4年ほどで漁獲量が極小になる。これは統数という漁獲強度が高いとそれに由来する産卵量がへって稚魚の発生量にそして数年後の資源量に影響するとする見方である。この見方から，図1.6.3に見られるような来遊資源量のゆるやかな減少は逐年の漁獲性能の向上のためと解釈することもできよう。しかし，この漁獲強度の影響を大きく見る解釈はストックをせまく見る前提に無理があるようである。

次に18，9年周期の要因を考えるに，沿岸定地観測資料，黒潮の強弱，雨量，冷水塊の逐年変動（宇田，1940，1951；福岡，1960）などを調べても18，9年周期は見られない。そこで海況・気象に影響を持つ天文的事象に眼をつけると，日食や月食の周期（サロス周期またはカルデア食期）が18年11日10時間である。1900年以降で日食月食の多かった年は1917，1935，1953の3年であるが，これは何れもちょうど図1.8.9で熊野灘4漁場のブリ漁獲尾数の極大であつた3カ年と一致している。高橋（1955）によれば，一般に日食や月食の多かった年には凶作が多く，豊年にはかんばつが起らず，1935，1953両年は何れも凶作で，日本で夏に気温が低く雨量も多い傾向があったという。日食月食は太陽と月および地球の相対的の位置で起るもので，潮汐とも関係があり，サロス周期は天候ばかりでなく海況にも起る可能性がある。そこで年平均水面の長年昇降を日本各地沿岸での観測によって見ると，4～5年，9年前後，11～12年，18.6年の周期が認められるという。このうち18.6年周期は太陰の昇交点の運動によつて生じ得るものである。ちようどブリ漁況の長周期変動に約11年，18～19年が見出されているので，年平均水面の昇降とよく似ており，これがブリの来遊量と関係があると見るのも単なる現象論ではあるが，今後追求してよい問題であろう。しかし，今のところはそれ以上具体的にはまだ全くわからない。18～19年は稚魚発生量の周期とも思われるので，主産卵場と目される九州西南海域の海況や気象の変動を調べると手がかりがつかめるかも知れない。

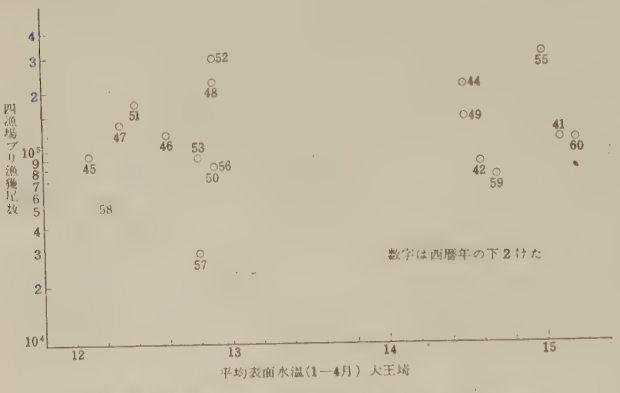


図 3.13 沿岸水温とブリ年漁獲尾数との関係（九本一，二号，鳥勝，錦一号計）

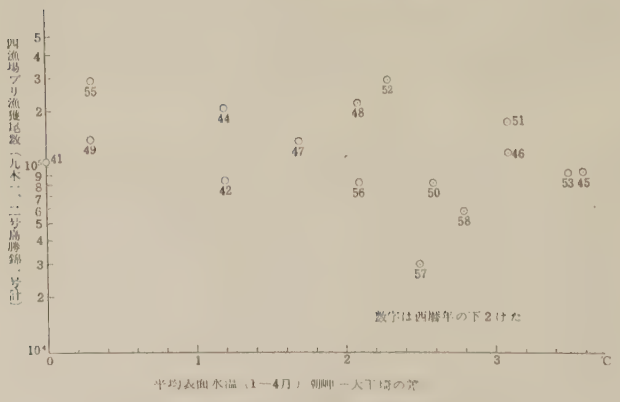


図 3.14.1 潮岬と大王埼の表面水温の差とブリ漁獲尾数の関係

周期の問題はとにかくとして，熊野灘へ来遊するブリ資源量の変動が沖合の海況・気象とどのような関係にあるか統計的に調べる。来遊資源量の指数としては，九本一，二号，鳥勝，錦一号の4漁場の漁獲尾数を用いる。他の地方では各定置漁場の漁獲統計が三重県ほど永年にわたつて整備されていないので，来遊資源量の推定が難しい。くりかえしていうが，県計では網数の変動が入つてしまうのでそのままでは来遊資源量を表わさないと思われる。

まず沖合の水温（表面）との相関を1～4月の大王埼の定地観測値（図2.5.2）水温によつて見る（図3.13）。水温が高い方が幾分よいように見えるが，相関が認められないといつた

方が妥当であろう。これを見れば 3.2.1 でまとめた従来の諸研究で高温の方がよいというのが多いが，低温がよいというのも少しあつたことが当然のようにも思われる。

これは水温の高低そのものを問題にしたのだが，水温の傾度の方が魚群の行動に関係が深く，したがつて漁況に利くのかも知れないので，潮岬と大王埼の 1～4 月の平均値の差と同じく 4 漁場の漁獲尾数との関係を見ると（図 3.14.1），大王埼にくらべて潮岬の水温が高いほど漁獲尾数が少ないようである。図の点はかなり散らばつているが，この関係は認められよう。

表面水温の代りに表面塩素量の潮岬と大王埼との 1～4 月の差について調べても（図 3.14.2），水温と同じく，大たい潮岬との差の大きいほど来遊資源量が少ないといえそうである。もつとも昭和 25，27 年の両年は例外である（昭和 16～34 年の間の 15 年間について）。

さて，これらは漁獲尾数そのものをとつたので，ここに代表される来遊資源量は 18，9 年周期の永年変動に表 1.7 でも見られる短期変動が加わつたものである。そこで，4 漁場の漁獲尾数を図 1.8.9 の破線で示す長期変動（18，9 年周期）とこの破線からの偏差で表わされる短期変動にわけ，それぞれを各年ごとに前記の潮岬と大王埼との差と対応させて相関を見ると，長期変動の方は水温では全く相関がなく（図 3.15.1），塩分では幾分あるようでもあるが疑わしい（図 3.15.2）。それに反して短期変動の方は水温，塩分ともに逆の相関がありそうである（図 3.16）。このことはこの短期変動は熊野灘付近の海況気象の影響による部分が多いことを示すといえる。そして，

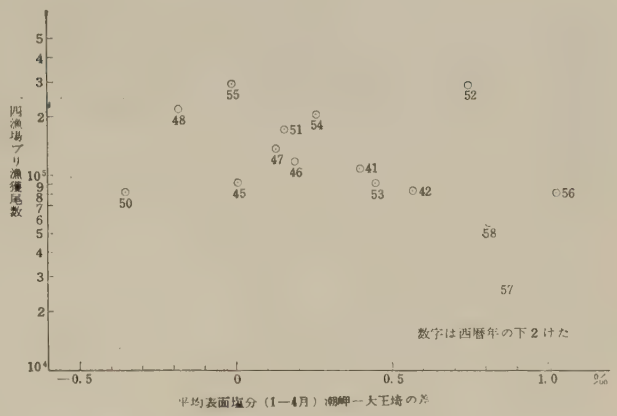


図 3.14.2　潮岬と大王埼の表面塩分の差とブリ漁獲尾数との関係

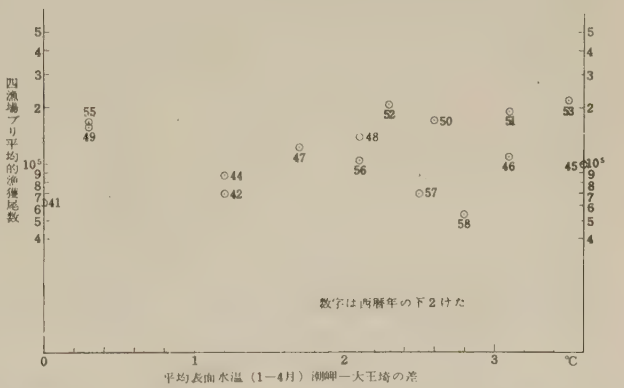


図 3.15.1　潮岬と大王埼の表面水温の差とブリ漁獲尾数平均的変動（図 1.8.9 の破線上の値）との関係

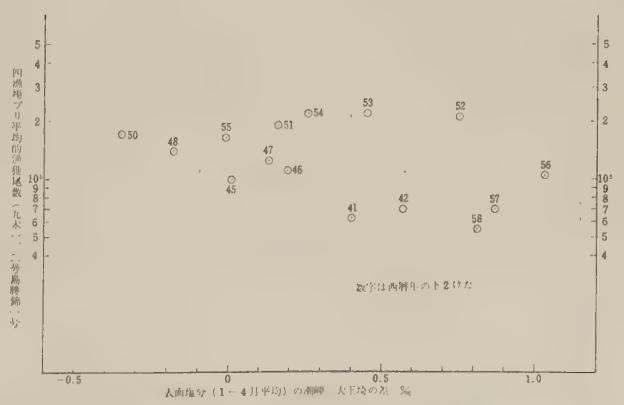


図 3.15.2　潮岬と大王埼の表面塩分の差とブリ漁獲尾数平均的変動（図 1.8.9 の破線上の値）との関係

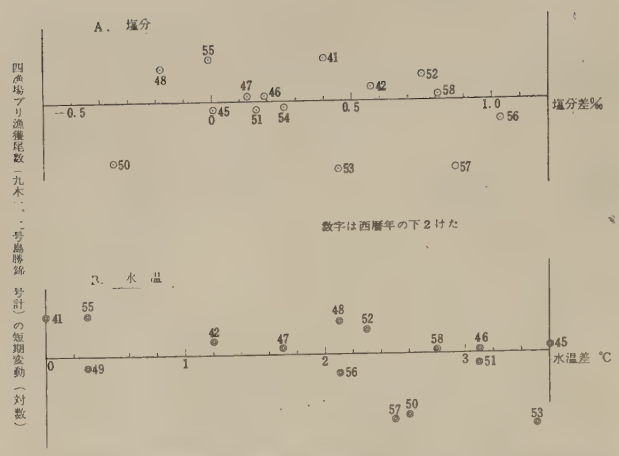


図 3.16 潮岬と大王埼の表面水温および塩分の差と熊野灘四漁場ブリ漁獲尾数の短期変動（図 1.8.9 の破線からの偏差）との関係

18，9年の周期は熊野灘ていどの規模の海況・気象によつて起つているものでなくもつと大きい規模を考えるべきであつて，他の海区でも同じ周期が見られる可能性を示唆するといえよう。

次に水温や塩分の傾度をもう少し大きい規模で見て調べよう。野島埼には潮岬と同様大王埼よりもかなりたしかな資料があるので，この両者の差と熊野灘の主要漁場の漁獲尾数との対応をとると（図 3.17.1～2），大王埼の差の場合とは異なりほとんど相関がないようである。もつともさらに細かく月別に細分して対応をとつたら関係が得られるかも知れな

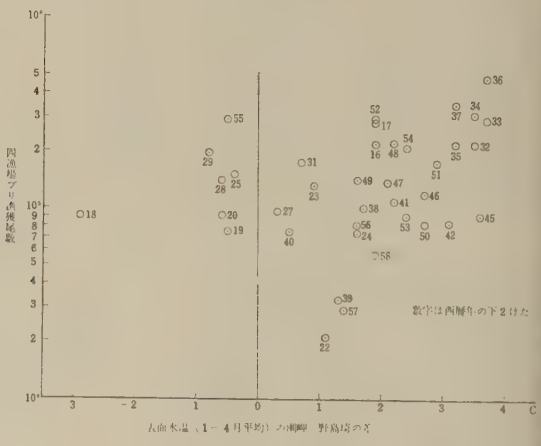


図 3.17.1 潮岬と野島埼の表面水温差と熊野灘ブリ漁獲尾数との関係
（九木一，二号，島勝，錦一号の計）

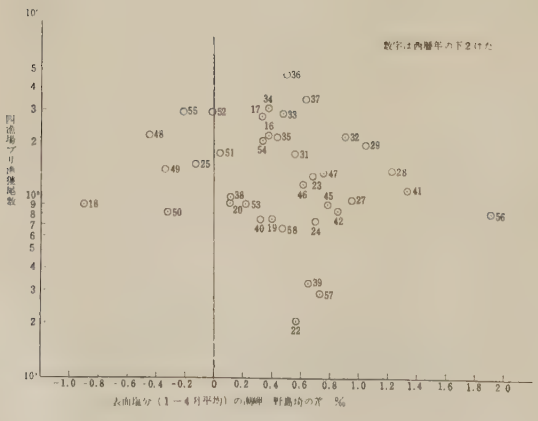


図 3.17.2 潮岬と野島埼の表面塩分差と熊野灘ブリ漁獲尾数との関係
（九木一，二号，島勝，錦一号の計）

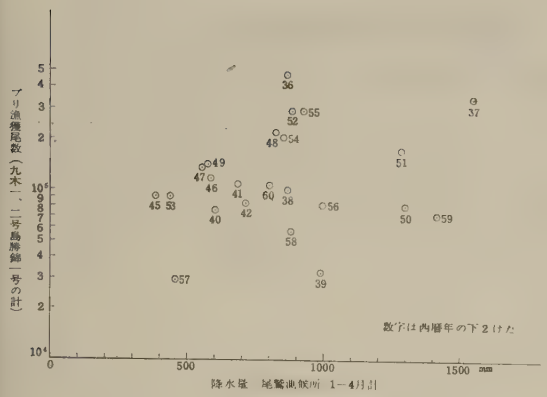


図 3.18 降水量とブリ漁獲尾数の関係

いが，それは他の稿にゆずる。ただしこの図で，1922，'39，'57 の 3 カ年は何れも大不漁の年であるが，両図ともその 3 点がかたまつていることは，このような年にはこのていどの規模での海況に共通な特徴があるのではないかと思わせる。図 3.13～3.14.2 では 1922 と 1939 は資料に入つていないので，熊野灘程度の海域でも特徴があるかどうかわからない。

低気圧の近接数がブリの来遊に関係があるとすれば，降水量もまた関係があろうと想像されるので，尾鷲測候所の昭和 11 年以降の毎年 1～4 月の降水量計と 4 漁場の漁獲尾数との関係を見ると（図 3.18），かなり点が散るので，統計学的には有意といえまいが，幾分正の相関がありそうで，低気圧が多い方が漁況がよいことを裏書する一つの種ではあろう。低気圧といつても雨を伴うとは限らないし，前に述べたように通過の径路によつては漁況によくないものもあるので，この図のていどの相関で満足すべきであろう。

第 4 章　発電放水がブリの漁況に及ぼす影響の推定
——ブリ漁場の海況と漁況との関係に基づいて——

第2章ですでに述べたとおり，海岸から遠からぬ場所に水力発電所が建設され，多量の発電用水が海中に放出されることにより付近の沿岸漁業とくにブリ定置網漁業に被害を及ぼすことが問題となり，その被害の程度を推定または判定するためかなり大がかりな調査研究が行なわれたのは比較的近年のことである。もつとも河川の人為的な増水により漁業が被害を受けた例は他にもあり，昭和6年に北上川の治水工事が完成して下流の追波川の通水量が激増したため，宮城県の沿岸海の漁業に大きな被害があつた（北上川改修に因る漁業被害調査報告書，筆者未見）のはその一つである。

ここに取扱うのは，熊野灘に面する桂城湾へ三重県電気局の宮川ダムから放水したこと，同じく尾鷲湾奥へ電源開発会社の熊野川水系ダムからの放水が計画されていることである。わが国のように山が海に迫る所の多い国では，このような計画は今後もあろうし，そのような地形では深みが岸に迫つているので，ブリ定置網の好漁場でもあろうから，同様な漁業被害の問題が将来も起るものと推察される。

桂城湾における問題については，三重県当局および島勝漁場の依頼を受けて，東海区水産研究所が三重県水産試験場，および同水産課と協力して，数年にわたつて調査研究を実施し，その結論（東海区水産研究所，1959）に基づいて漁業補償額の算定その他の処置が行なわれた。また尾鷲湾における問題については，当事者および三重県当局の要請のもとに東京水産大学，東京大学，三重県立大学，東海区水産研究所，三重県水産試験場の研究者が尾鷲湾放水影響調査団を組織し，2 年余にわたつて調査研究を実施し，漁業に及ぼす影響を予察した（尾鷲湾放水影響調査団，1958；1960）。発電所は建設途上にあつて，問題はまだ解決していない。筆者はこの双方の問題に関与し，主としてブリ漁況に関する研究を担当し，結論として放水によるブリの漁獲量の減少率を数字によつて示すという研究を行なつた。

ダム放水によりブリ定置網漁業が受ける影響はいろいろあり，漁撈作業を困難ならしめること，漁具資材に対する被害のように経営費を増加させることなどもあるが，ここでは漁獲量への影響に限ることにする。ダム放水が漁獲量に及ぼす影響を，実際放水が行なわれた後に判定するのに，理論的に最も簡明な方法は漁獲量を放水前と後とで比較することであろう。しかし，定置網によるブリの漁獲量が一漁期ごとにまとめても年により非常に異なることはすでに第1章で見たとおりである。平均をとるにしても1周期の 18，9 年ずつは要るわけで，放水により甚しい減少の起る場合でない限りは，精度がよくて実用になるような方法とは言えない。そこで海況を媒介とした本格的な方法をとることになる。一体ダム放水が漁獲量に影響を及ぼすのは，放水がまず海況を変化させ，海況の変化が漁況に響くのであるから，研究はこの2つの段階を経るのが本格的である。つまり1つは放水による海況の変化を知ることであり，1つは海況と漁況との関係に基づいて，海況の変化が漁況に及ぼす影響を研究することである。後者のうち海況と漁況との関係は放水の有無にかかわらない問題であつて，既に知見があればあらためて研究の必要がないものであるが，これについての筆者の研究は，桂城湾と尾鷲湾の双方を共通にまとめて第3章に示したとおりである。

人為的に環境が悪変して漁業に被害を及ぼすことは漁業における水質汚濁の問題として，近年産業とくに工業の発展に伴い頻発するようになつた。水産庁の調査によるとその事例数は逐年増加してここ 2，3 年は約 800 件にのぼる。このうち紛争の生じたのは約半数で，解決を見たのはさらにその半数に満たない。解決の方法は大部分が補償金により，その一部には処理施設を伴つている。したがつて補償金を科学的な根拠に基づいて定めることが肝要であつて，今後の重要な研究課題とされている。ダム放水の問題は広義には水質汚濁の問題に含まれるが，一般の工業廃水の事例のように化学的処理によつて被害をなくすることなどは望めないので，被害の程度を判定することがとくに必要である。本研究がそのための適切な方法を提供することができれば幸いである。

4.1　島勝ブリ定置網漁況に及ぼす宮川ダム放水の影響の推定

すでに述べたように，熊野灘中部沿岸の桂城湾奥の三浦湾に放水を開始したのは，昭和 33 年 1 月であ

つた。これより先放水により約 6 km の地点にある島勝ブリ定置漁場の漁況に及ぼす影響に関して三重県より東海区水産研究所にその予察調査が依頼されたのに基づき，昭和 29～30 年にまず調査研究が行なわれた（付近の地形等を図 4.1 に示す）。その後昭和 31 年より湾内の海洋調査，島勝および付近の長島，錦一，二

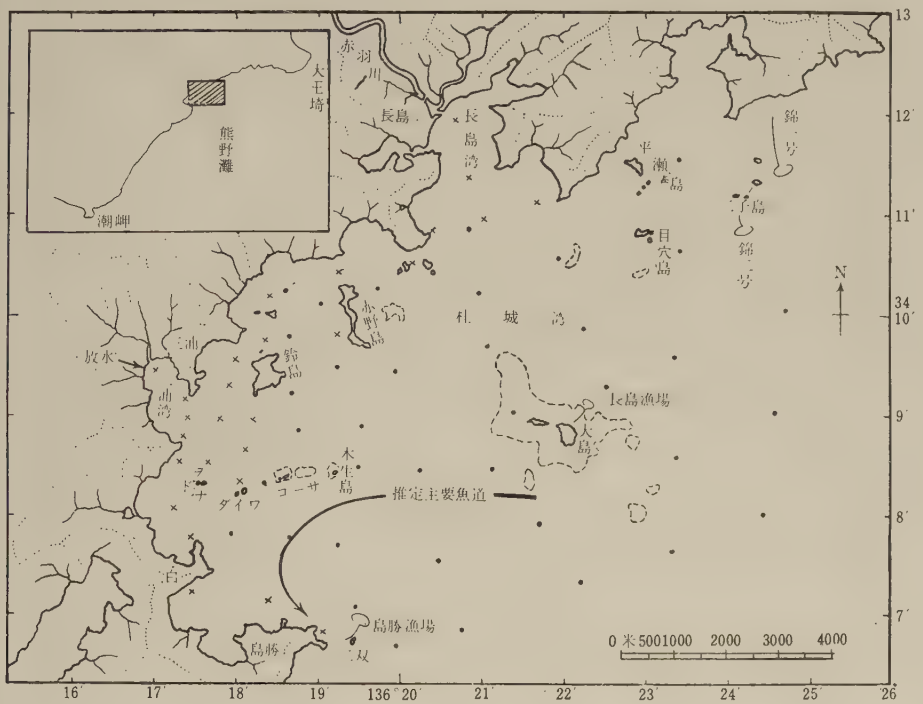


図 4.1　桂城湾付近図および推定ブリ魚道

号のブリ定置漁場についての日々の漁況と海況の調査が行なわれ，昭和 34 年 5 月に至つた。この放水以前の予察調査結果と放水開始後の影響の判定に関する調査の結果は，すでにそれぞれ発表されて（東海水研，1956，1959）いるが，印刷発表の目的が紛争解決のための直接の資料を提供することにあり，記述がかなり限られていたので，（栗田，1959）筆者の関与した部分について本稿で補足したいと思う。

4.1.1　ダム放水による漁場海況の変化

三浦湾へのダム放水の量は表 4.1 のとおり多くとも毎秒 25 トンを越えない程度であつて，その海況への影響も遠い沖合までには及ばないであろうから，問題とする海況は島勝漁場の付近かそれに至る魚道の範囲について考えれば足りるであろう。そこでまず島勝漁場における各層水温，各層塩素量，透明度，表層流速に及ぼすダム放水の影響を調べて見ることにする。これらの海況要素とブリ漁況との関係はすでに第 3 章で述べたところである。

言うまでもなく漁場の海況は季節的の変動のほか気象，潮汐その他付近の海況によつて絶えず変動しているので，放水の影響を見きわめるためにはそのような自然の変動をできる限りへらす工夫が必要である。そこで季節的な変動を除くために，資料をなるべく短い期間で区切つて，それぞれの期間毎に放水との関係を見る。この期間は短いほどよいが，毎日 1 回の観測であるから，1 週間とか旬というのでは標本数が少な過ぎる。1 カ月がよい所であろう。潮汐の影響は観測が時間的に系統抽出のかなりの標本数になるので，統計的に均らせばほとんどなくすることができよう。その他の諸々の影響はまとめて確率変動をするものと見ることにする。このような考慮の上で月ごとに毎日の放水量と海況とを対応させて，その間の相関を統計的に

表 4.1 三浦湾放水量表 m³/sec　　昭和33年12月～昭和34年5月

日	12月 1日平均毎秒当り放水量	12月 (放水時間)	日	1月 1日平均毎秒当り放水量	1月 (放水時間)	日	2月 1日平均毎秒当り放水量	2月 (放水時間)	日	3月 1日平均毎秒当り放水量	3月 (放水時間)	日	4月 1日平均毎秒当り放水量	4月 (放水時間)	日	5月 1日平均毎秒当り放水量	5月 (放水時間)
1	1.7	(6～20)	1	4.4	(7～21)	1	0.8	(21～24)	1	4.2	(10～24)	1	5.6	(7～23)	1	20.0	(0～24)
2	2.4	(6～23)	2	4.1	(18～23)	2	9.7	(9～23)	2	15.4	(6～24)	2	11.9	(6～22)	2	17.5	(〃)
3	2.5	(〃)	3	1.7	(18～21)	3	10.2	(6～22)	3	16.3	(4～24)	3	15.0	(6～23)	3	18.3	(6～24)
4	2.7	(〃)	4	3.4	(8～19)	4	9.4	(9～23)	4	17.8	(5～24)	4	15.4	(〃)	4	19.4	(〃)
5	2.5	(〃)	5	8.4	(6～22)	5	10.9	(9～24)	5	16.7	(〃)	5	5.3	(8～23)	5	18.5	(2～24)
6	2.4	(〃)	6	14.6	(6～23)	6	11.0	(〃)	6	15.9	(6～24)	6	15.6	(6～23)	6	16.7	(6～24)
7	0		7	15.3	(6～24)	7	9.5	(8～24)	7	15.2	(5～24)	7	16.2	(〃)	7	16.4	(〃)
8	5.3	(6～20)	8	7.4	(9～22)	8	2.6	(9～24)	8	0.4	(19～21)	8	16.9	(〃)	8	17.9	(〃)
9	3.1	(6～22)	9	11.3	(9～23)	9	16.6	(6～24)	9	10.6	(6～24)	9	16.5	(〃)	9	18.0	(〃)
10	4.1	(6～23)	10	5.9	(9～22)	10	15.2	(6～23)	10	14.7	(〃)	10	9.4	(〃)	10	18.2	(〃)
11	2.5	(6～22)	11	5.4	(〃)	11	16.3	(〃)	11	10.6	(5～22)	11	15.1	(6～24)	11	17.5	(〃)
12	2.6	(〃)	12	13.2	(8～23)	12	14.9	(〃)	12	9.2	(6～23)	12	12.5	(6～22)	12	16.5	(6～23)
13	3.5	(6～23)	13	12.6	(9～23)	13	15.4	(6～24)	13	10.9	(〃)	13	15.9	(6～23)	13	15.4	(6～24)
14	2.0	(17～21)	14	8.4	(9～24)	14	13.1	(〃)	14	13.5	(〃)	14	13.7	(〃)	14	17.9	(〃)
15	1.5	(9～20)	15	8.4	(8～23)	15	0		15	1.3	(9～22)	15	14.7	(6～22)	15	17.5	(〃)
16	1.8	(9～22)	16	4.6	(9～22)	16	7.7	(〃)	16	16.8	(5～24)	16	12.6	(5～23)	16	16.4	(〃)
17	7.5	(6～22)	17	6.9	(9～23)	17	11.5	(8～23)	17	10.0	(0～22)	17	16.8	(6～24)	17	15.3	(9～24)
18	9.3	(〃)	18	9.7	(3～23)	18	11.8	(6～23)	18	3.0	(9～24)	18	15.9	(1～23)	18	17.9	(5～24)
19	4.8	(6～23)	19	7.7	(9～23)	19	14.7	(〃)	19	6.1	(9～23)	19	6.0	(6～23)	19	18.9	(〃)
20	2.8	(6～22)	20	15.1	(6～24)	20	16.0	(6～24)	20	4.2	(6～23)	20	14.2	(〃)	20	19.2	(0～24)
21	1.9	(17～23)	21	6.7	(9～24)	21	15.9	(〃)	21	1.5	(9～22)	21	14.5	(〃)	21	21.2	(〃)
22	4.1	(6～24)	22	4.2	(9～23)	22	0		22	1.0	(17～24)	22	15.3	(〃)	22	20.0	(〃)
23	9.4	(〃)	23	2.7	(14～19)	23	14.4	(〃)	23	4.0	(8～22)	23	15.6	(〃)	23	18.2	(6～24)
24	6.1	(5～24)	24	0		24	14.9	(〃)	24	9.8	(9～22)	24	16.6	(6～24)	24	21.0	(0～24)
25	8.1	(6～24)	25	0		25	14.9	(〃)	25	3.7	(9～23)	25	14.9	(〃)	25	23.8	(〃)
26	15.0	(5～24)	26	1.6	(8～20)	26	14.7	(〃)	26	6.0	(8～22)	26	8.4	(〃)	26	23.7	(〃)
27	16.7	(〃)	27	1.1	(17～20)	27	12.9	(6～23)	27	1.4	(9～23)	27	16.3	(〃)	27	23.8	(〃)
28	16.0	(6～23)	28	0		28	12.9	(5～24)	28	4.6	(8～23)	28	17.5	(〃)	28	23.8	(〃)
29	11.2	(6～24)	29	6.2	(10～22)				29	0		29	17.6	(〃)	29	24.0	(〃)
30	11.8	(〃)	30	3.1	(11～18)				30	4.7	(9～23)	30	14.7	(〃)	30	24.2	(〃)
31	5.5	(5～24)	31	1.6	(9～19)				31	9.7	(6～23)				31	24.2	(〃)

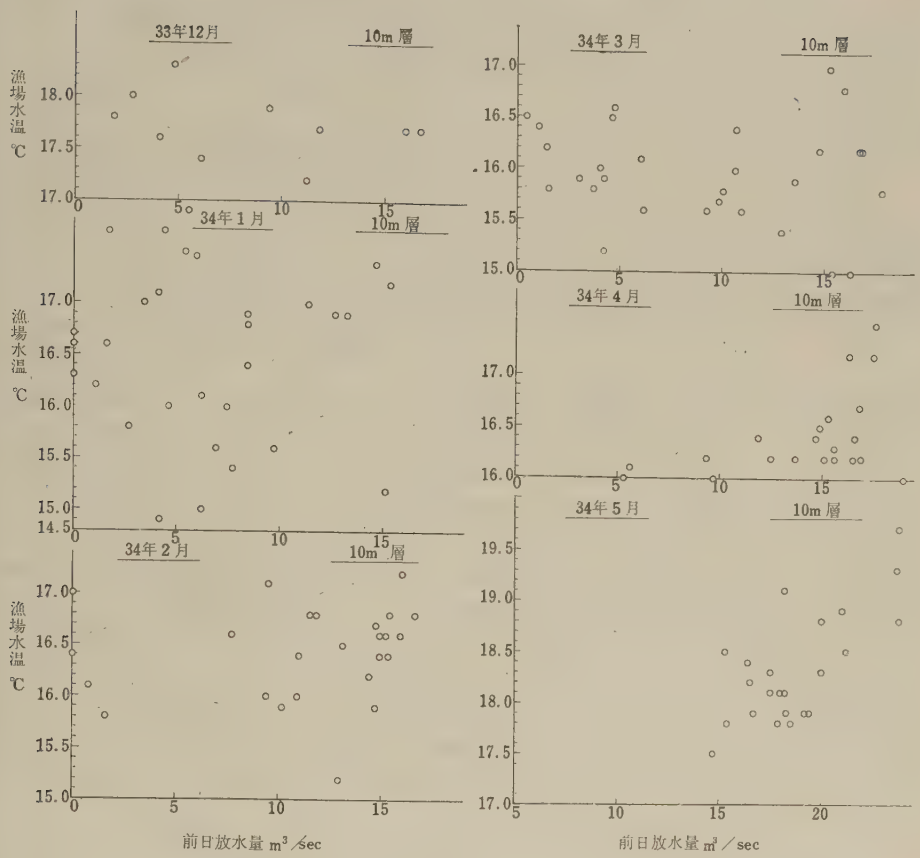


図 4.2.1　漁場水温と前日放水量（1 日当り）との関係（10 m 層）（島勝漁場）

求めるという方法による。ところが，放出された水が漁場に達するには或るていど時間がかかるので漁場の海況と放水量とを対応させるにはそれだけ時間のずれを考える必要がある。この所要時間は放水の拡散状況から知ることができよう。渡辺・平野・藤井・杉浦（1959）によると，島勝漁場付近の表面塩素量は一昼夜連続観測（昭和 33 年 6 月 20～21 日）の結果では，放水開始後 13，4 時間後に低下を示し，停止後 16，7 時間を経て最高に達している。もちろん淡水の拡散の模様は同じところでも潮高差，潮時，気象などによつて影響されるので一定ではなく，この 1 回の連続観測の結果のみでは確かでないが，平野・杉浦（1958）が，同じ柱城湾内にある長島湾の赤羽川口で染料を用いて行なつた結果で，下げ潮時には水面を移動する染料の平均速度は川口から遠い程小さくなるが，約 1 km のところでは 15 cm/sec 程度であつたこととほぼ合つている。三浦湾奥の放水口より島勝漁場までが約 6 km あるのでこの間の拡散速度を平均で約 10 cm/sec とすると，所要時間が 17 時間弱となるからである。表面下の 10 m，25 m 層のところへ拡散するにはなお時間が経つことは想像できるがくわしいことはわからない。また放出水が或る程度累積することもあろうから，放水量の細かい時間的変化までを考えるよりは，むしろ前日 1 日の放水量の計を使つて，朝持の時刻の海況に対応させるのが適当と考えるのである。

以下各海況要素ごとにこの方針で放水量との関係を求めることにする。

4.1.1.1　水　　温

第 3 章で述べたように，ブリ漁況との関係は 10 m，25 m 層で見るのが適当であるから，この両層それぞれに毎日朝持の漁場水温と前日の放水量を対応させ，月ごとにまとめて相関図を作つた（図 4.2.1～2）。12

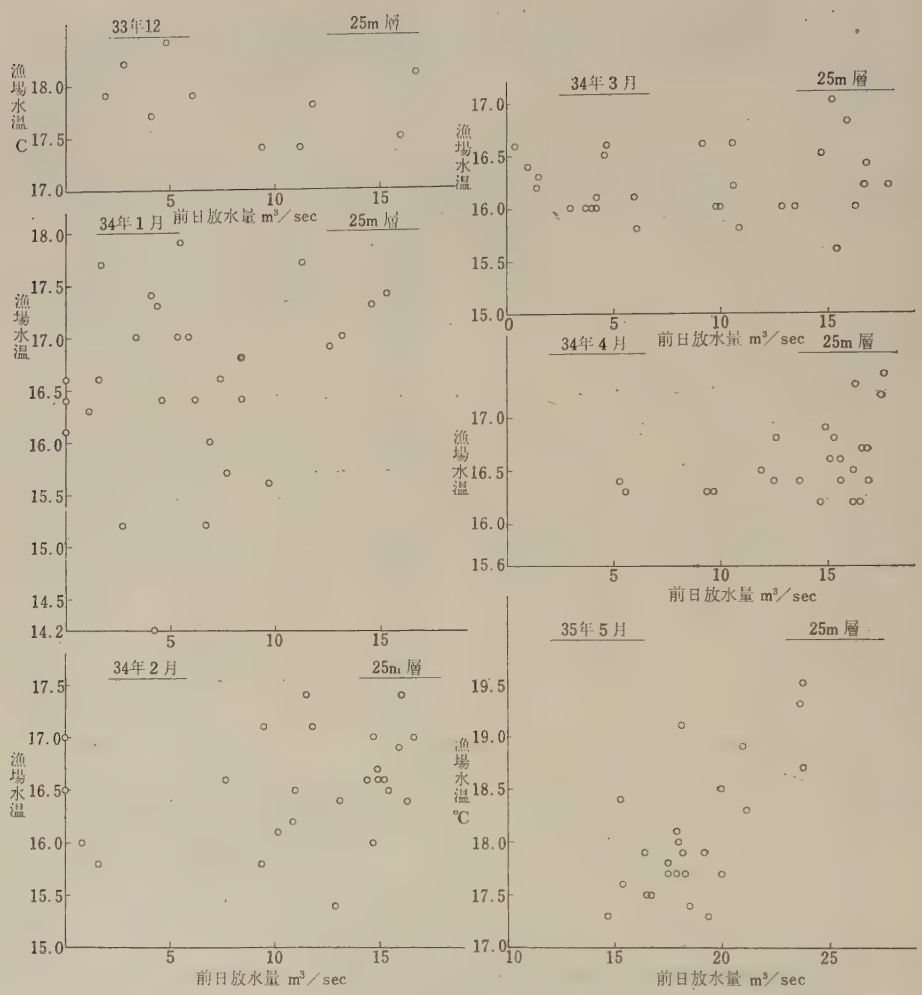


図 4.2.2 漁場水温と前日放水量（1 日当り）との関係（25 m 層）（島勝漁場）

月から3月までは相関はほとんど見られない。4，5 月には放水量が増すほど水温が昇るような傾向が見られるが，資料をよく調べると4月後半より5月一杯にかけて季節的な水温の上昇期に入つており，一方放水量もこれと同じ時期に増加している。もとより放出される淡水の温度は漁場水温より低いので，放水のために漁場水温が昇るとは考えられない。上のような見かけの相関は月の中に現われた季節的変動のいたずらと見られる。その他の月に相関が見られないのは放出水が，6 km 距つた島勝漁場のしかも 10 m，25 m という下層まで拡散することを想像すれば放出水の水温がかなり低いとしても水温に目立つような影響が見られないのも一応予想できることであろう。

もし放出水が直接に自然海水と混合すると仮定すれば次節に述べるような，放水量による塩素量低下量から放出淡水と自然海水との混合比率が計算でき，さらに，放出水と自然海水それぞれの温度から，放水に基づく水温の低下度が推察できることになる。

表 2.3.2 から 12 月～3 月の島勝漁場の塩素量を 10 m 層で 19.1‰ とし，表 2.2.1～4 から水温を 16°C 程度におさえ，放出水温は低くても 5°C 程度を下ることはないものと推定すると，次節から，10 m 層では 1 m^3/sec の放水量に対して，0.022‰ の低下と見積られるので（表 4.2.1），25 m^3/sec では 0.55‰ に当

る。したがつて，水温の低下度 ΔT°C は 10 m 層で

$$\Delta T=\frac{0.55}{19.1}\times(16-5)$$

$$=0.32$$

となり，この程度の低下では上述の放水量と漁場水温との相関がほとんど見られないのは当然であり，漁況にも水温低下の影響はないと考えてよいであろう。

あとで述べるように坂本（1960c）は同様の問題を尾鷲湾についてくわしく論じ，24 m³/sec の河川増加流量に対して，水温の低下は外湾部で表面が 0.6°C 以内，10 m 層で 0.3°C 以内と推定し，九木漁場付近の水温の周期的変動の振巾を著しく増大させる可能性がある以外は，水温の変化による放水の直接の影響は実用上問題にならぬとしている。筆者の見解はこれとほとんど同じといえる。

4.1.1.2 塩 素 量

水温の場合と同様に，10 m 層，25 m 層それぞれに毎日朝持の漁場塩素量と前日の放水量を対応させ，月ごとにまとめて相関図を作つた（図 4.3.1～2）。これを見ると水温の場合とは異なつて相関がどの月も明かで，放水量が増すほど塩素量が低下し，その低下量は 10 m 層では 25 m より大きい。また 12 月～3 月はほぼ同じであるが，4, 5 月はそれよりかなり大きくなつている。なお 1 月は資料が極めて少ないので省いた。

次にこれらを $Cl=a+bH$（H は前日放水量）と表わして，回帰係数 b を求めると，図の直線と表 4.2.1 のようになる。b の値は前日放水量の 1 m³/sec 当りの漁場塩素量の低下量を‰で表わしたものに相当する。12 月，2 月，3 月は 10 m，25 m 層それぞれに月による差異が少ないのでまとめて計算すると，10 m 層では 25 m 層のちょうど 2 倍に当つている。これらのまとめた値は 0 との差が有意である。4，5 月になると b の値がほぼ 3,4 倍にもなる。図 4.3.1～2 を見ても 4,5 月の分は点がかなり散り，これらの回帰を 1 本の直線で表わすことが無理のようである。このような現象の原因は明かではないが，水温の場合にも述べたような（図 2.1.5.3 参照）季節的な変動が利いているのではないかと思われる。とくに雨量の増加が著しい。ところが降雨量の影響は桂城湾では受水面積の関係で赤羽川よりの出水によるものが主力であり，降

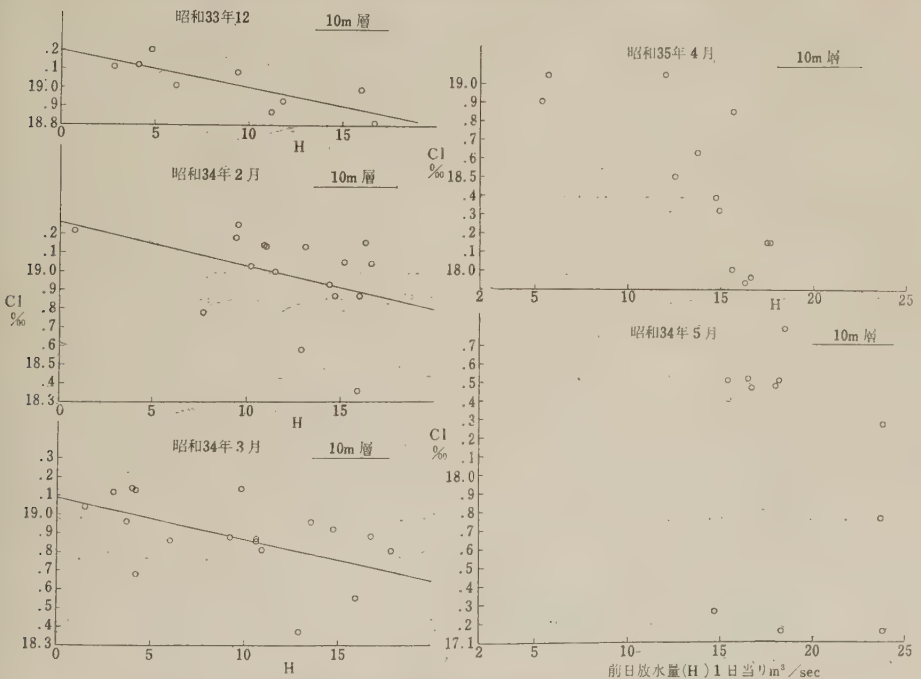


図 4.3.1 漁場塩素量と前日放水量との関係（10 m 層）（島勝漁場）

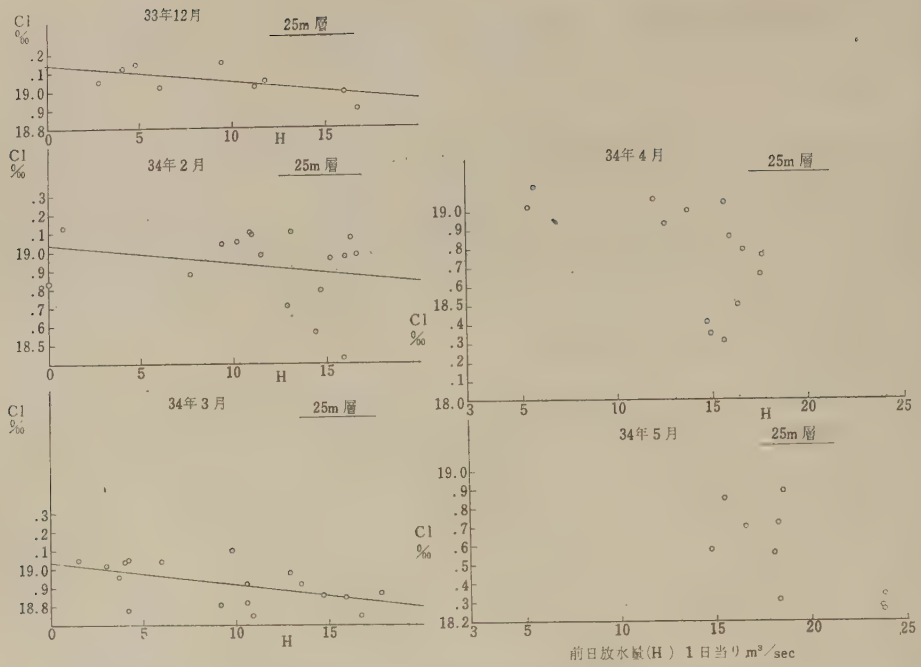


図 4.3.2 漁場塩素量と前日放水量との関係（25 m 層）（島勝漁場）

表 4.2.1 回帰係数 b の推定値

昭和年	月	10 m 層	25 m 層
33	12	−0.020	−0.010
34	2	−0.023	−0.010
	3	−0.022	−0.012
	小 計	**−0.022**	**−0.011**
34	4	−0.074	−0.039
	5	−0.045	−0.050
	小 計	**−0.063**	**−0.043**

$Cl=a+bH$ Cl は漁場塩素量‰
H は前日放水量 m^3/sec

雨量と出水量との関係は月単位でまとめればともかく，日々の対応では明かな関係が得られていない。また赤羽川の日々の流量の観測資料も得られていないために，降雨量の影響を直接調べるわけに行かない。また季節的な外洋水の変動をも除かねばならぬが，これまた観測がない。そこで季節的な変動は漁場の底層（約50 m）には影響するが，放出水は底層までには及ばぬのであろうかと考え，図 4.3.1 に準じて前日放水量と底層の漁場塩素量の関係を検討した。その結果を見ると（図 4.3.3），この関係は上層の方とは全く異なり，ほとんど相関が見られないので，やはり放水は底層には及ばぬと見てよい。そこで，4, 5 月の分について，10 m 層，25 m 層それぞれに底層との塩素量差 ΔCl をとり，それと前日放水量 H との相関図を作った（図 4.4.1～2）。この関係を

$$\Delta Cl=a+bH$$

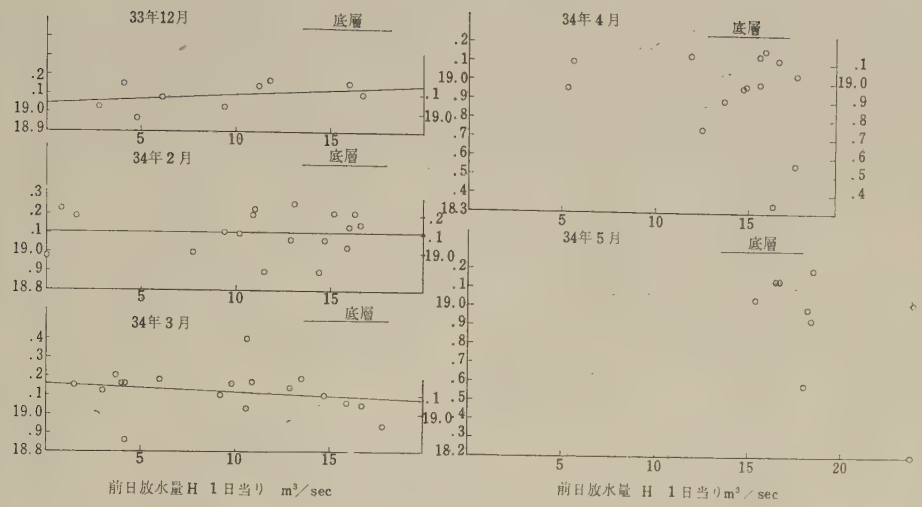


図 4.3.3 漁場塩素量と前日放水量との関係（底層）（島勝漁場）

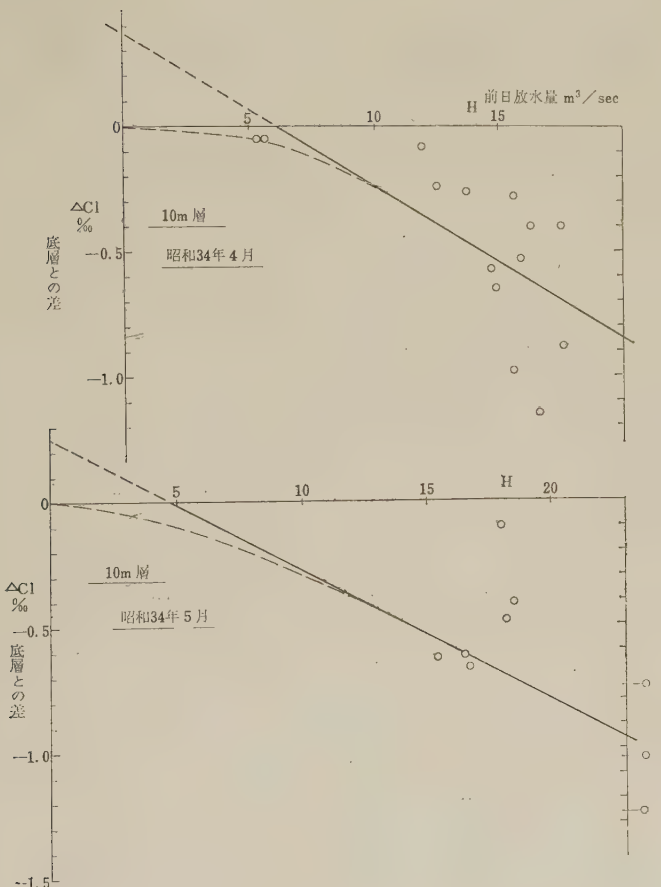


図 4.4.1 10m 層と底層との塩素量差と前日放水量との関係

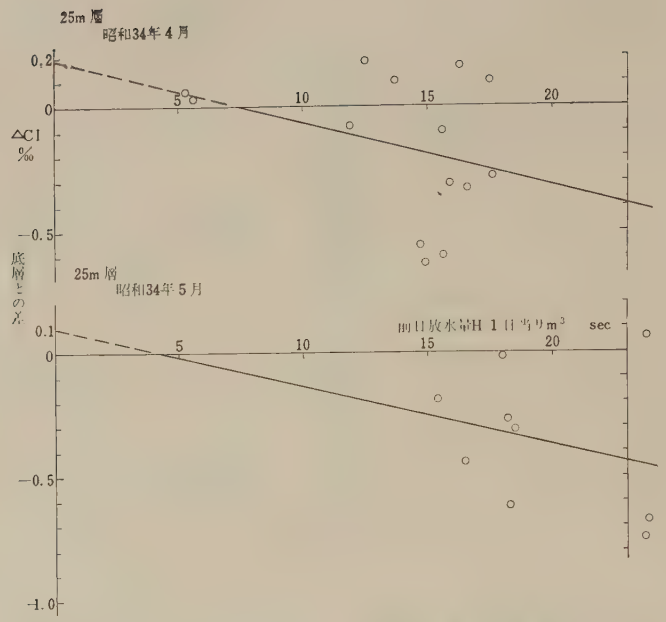


図 4.4.2 25 m 層と底層との塩素量差と前日放水量との関係

表 4.2.2 回帰係数 b の推定値

昭和年	月	10 m 層	25 m 層
34	4	−0.061	−0.026
	5	−0.053	−0.023
	計	−0.057	−0.029

$\Delta Cl = a + bH$, ΔCl は底層との差

と表わすと，回帰係数 b は表 4.2.2 のようになつて，表 4.2.1 の場合より 12 月～3 月との差異がへり，また 4，5 月間の差が小さく，点の散らばりも幾分少ないようである。そこで 4，5 月分をまとめて回帰係数を求めると，10 m と 25 m との比が 12 月～3 月の場合と全く同様に 2 倍となつている。これらのことから見ると底層との差をとつた効果がありそうである。この 4，5 月をまとめた場合の相関を図 4.5 に示す。ここでもわかるように，この相関を 1 本の直線で表わすことは無理でとくに放水量の少ない部分が合わない。と言つて曲線回帰を用いるのも，資料の数や点の散り具合から見て統計的に適当でないので，ΔCl が正の値（図で）になるところはすべて $\Delta Cl = 0$ と見ることにした。ということは

$$\Delta Cl = b(H - H_0) \qquad H \geqq H_0$$
$$\Delta Cl = 0 \qquad H \leqq H_0$$

の 2 本の直線で近似させるということである。そして図より

$$H_0 = 5.8 \quad (10\text{ m 層})$$
$$H_0 = 7.2 \quad (25\text{ m 層})$$

を得る。

以上を総括して表わすと

12 月～3 月については

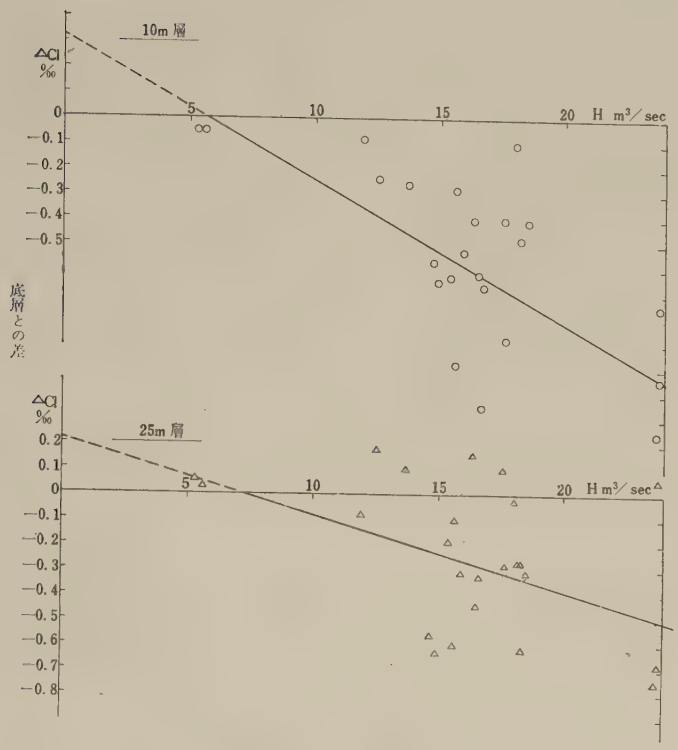


図 4.5　底層との塩素量差 ΔCl と前日放水量 Hm³/sec との関係
（鳥勝漁場，昭和 34 年 4, 5 月）

塩素量の低下量＝0.022 H　　(10 m 層)
〃　　＝0.011 H　　(25 m 層)

4 月～5 月については

塩素量の低下量＝0.057(H−5.8)　　(10 m 層)
〃　　＝0.029(H−7.2)　　(25 m 層)
〃　　＝0　　$H \leqq 5.8$　　(10 m 層)
〃　　＝0　　$H \leqq 7.2$　　(25 m 層)

と推定するわけである。

4.1.1.3 透 明 度

透明度についても，水温，塩素量の場合と全く同様な方針で，日々（朝持）の観測値と前日の放水量とを対応させて日ごとにまとめ，相関図（図 4.6）を作つた。これによると 12 月にはかなり著しい負の相関が見られ，その他の月でも，やはり負の相関があるらしいが（放水 1 m³/sec につき 0.2 m 以下），回帰係数は極めて小さい。第 3 章で述べたとおり，漁場透明度が小さい方がブリの漁況はよいらしいが，そのていどはごく僅かであつた。ここで漁場透明度に対する放水量の相関を求めたのは，放水のブリ漁況に及ぼす影響を知るための手段としてであつた。したがつて放水量の透明度に及ぼす影響が僅かで，回帰係数を計算して放水量 10 m³/sec に対して 2 m 以下でしかも負の値とすれば，放水はブリ漁況にかえつて良い影響を及ぼす可能性があることになる。もつともこの程度では良い影響としても無視し得るものであろう。12 月のみは少々様子が違い，回帰係数がかなり大きくて，10 m³/sec の放水量に対して 6, 7 m 位は透明度が下がるような計算になる。12 月はもともと漁獲量がきわめて少なく影響は何れにしても小さいので，あまり問題

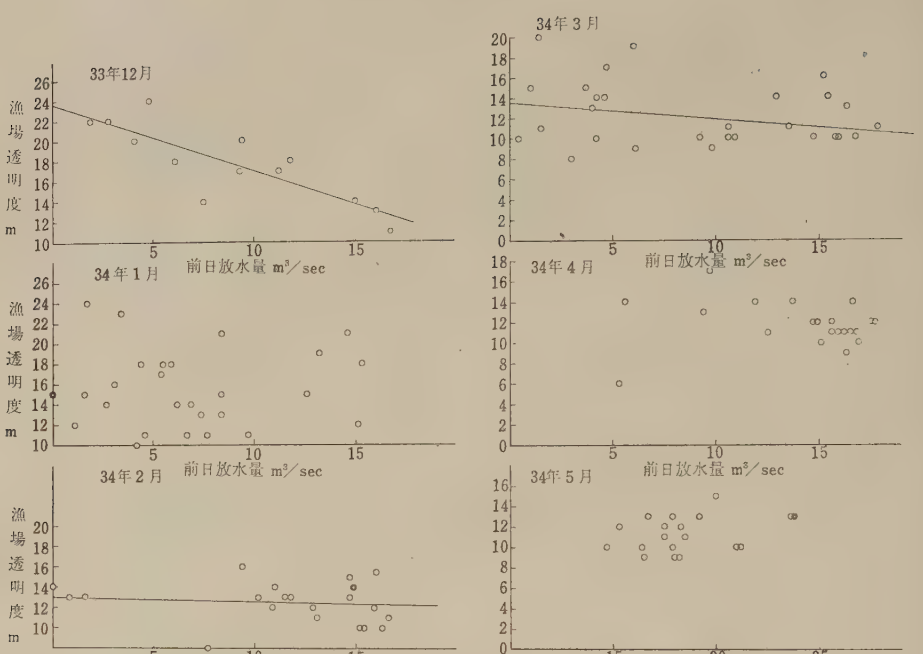


図 4.6 漁場透明度と前日放水量 m^3/sec の関係

にする要もあるまいが，このように大きく透明度が下がる原因はよくわからない。

4.1.1.4 流　　動

島勝漁場における流動の観測は，潮流板を用いて放水開始後では，33年12月～34年3月に日々行なわれたが，方向に対する記録に疑問があつて前章においてもこれを採用しなかつた。しかも，昭和29～30年の観測結果からは，資料数が少ないためもあつて，ブリ漁況と流向との関係はよく判らなかつたけれど流向にかかわらないでこみにした流速との関係は一応求められた（図 3.11.2）。それは或る程度以上流速が大きいとブリが獲れなくなるということであつた。そこで，放水によつて漁場の流速がどの程度変るかを調べて見る。三浦湾へ放出された淡水は，渡辺・平野・藤井・杉浦（1959）によると南東に向つてジェット状に張り出す傾向にあり，そして主として西岸寄りに進むということである。このことから西岸寄りの島勝漁場における流速の増加はやはり南東寄りの流向について注意すべきことがわかる。しかし日々の漁場での観測では流向に問題があつて，吟味にたえないので，他の資料によるほかない。もつとも日々の観測が採用できても，4，5月は欠測であるから放水の影響を見るには足りない。さて，さきに引用した長島湾での染料流しの結果（平野・杉浦，1958），赤羽川の水（流量は約 70 m^3/sec）の拡散の速度は表層の染料が川口近くで 45 cm/sec，1 km 離れたところで 15 cm/sec でその間の観測もあるので，外挿すると，6 km のところでは 10 cm/sec 以下と見てもよさそうである。ただしこれは下げ潮の時で，実験時の赤羽川の流量は三浦湾への放水量よりかなり上廻ると推定されるので，これより類推して島勝漁場付近では下げ潮の時でも放水による流速は 10 cm/sec よりかなり小さいものであろう。中層の流速が表層とどの程度異なるか，石井・宇野・小長谷（1960）の模型実験によると，尾鷲浦で河口より 1.25 km のところでは沖へ向う表面流速が 0.2 ノット（約 10 cm/sec）に対して 10 m 層では 0.1 ノット，20 m 層で僅かに逆方向の河口に向う流れが生ずるという。これがそのまま，島勝漁場に当てはまるわけではないが，急潮などの場合はともかく，放水に基づく流速は，10 m 層位でも表層にくらべてかなり小さいことが想像される。

4.1.1.5 島勝漁場付近のブリ魚道の海況への影響

前にも述べたように，島勝漁場へ入網するブリの漁況に関連する海況としてはその魚道を含む付近の海域について考える必要がある。その推定されている魚道を図 4.1 に示したが（宮本，1944，野村，1959），この魚道の途中の海況が網のところのそれより悪いと，網のところでは入網に差支えない海況でも，来遊を阻止される場合が起るからである。そこで放水のために魚道のどこかでとくに海況が悪化しないか，吟味しておく。これまで述べたようにブリの漁況と関連づけるために主として問題となるのは塩素量であるが，魚道の区域内で観測日ごとに観測点 8 カ所のなかでの最低の数値と島勝漁場のそれとをくらべると表 4.3 のようになる。統計的な吟味のためには放水後の資料が不足であるが放水前も後も差は僅かであつて，この程度ならば島勝漁場のみについて研究すればまず十分と思われる。沿岸水の流出が桂城湾では主に西岸寄りで南東方向に行なわれるので，西岸の南端にある島勝漁場が付近で最低に近い塩素量を示すからである。このことは前に図 2.11 で観測した 8 点のうちイとチとロ（島勝漁場）の点が最も低い塩素量を示していること（表 2.8）でもわかるし，桂城湾内の一般海洋観測でも認められたことである。

表 4.3　放水前と後の塩素量，水温，透明度，島勝漁場とブリ魚道付近の最低値との差の平均（冬ブリの漁期のみ）

	期間	観測回数	塩素量‰		水温 °C		透明度
			10 m 層	25 m 層	10 m 層	25 m 層	
放水前	29.12～30.5	156	0.036	0.026			
	31.12～32.5 および32.12	7	0.023	0.023	0.06	0.06	1.36
放水後	33. 2～33.5	7	(0～0.15) 0.039	(0～0.05) 0.046	0.20	0.29	3.83
	33.12～34.3						

4.1.2　ダム放水による漁獲量減少率の推定

昭和 33 年 12 月から翌 34 年 5 月に至る冬ブリの漁期に，三浦湾から現実に行なわれたダム放水が島勝漁場のブリ漁況にどのような影響を与えたか，その漁獲量の減少率を推定する方法とその結果を述べよう。推定の手がかりとする海況の要素としては一応これまで漁況や放水量との関係を研究して来た水温，塩素量（10 m，25 m 層），透明度，表層の流速を取りあげる。

まずこれらの中から，放水によつて漁況の受ける影響を推定するのに手がかりとして役に立つ要素を総括的に吟味する。水温は 10 m，25 m 層何れも 13°～19°C の範囲を外れると獲れ難くなるので漁況との関係は明瞭ではあるが，この年には最低でも 14°C 位を示している。そして放水による水温の低下はきわめて僅か（図 4.2.1～2）であるから，水温を手がかりとしてはとうてい放水によつて漁獲量の減少を認めることができない。

透明度は放水によつて一般にはわずかに低下し，12 月のみは 10 m^3/sec の放水量に対して 6，7 m も低下していることが統計的に認められた（図 4.6）。12 月には漁獲量がきわめて少ないので，放水による低下が相当あつても漁況への影響は取るに足らぬであろうし，漁況との関係は透明度が低い方がややよいということであるから，もし影響が多少あつたとしてもよくなる方向にある。他の月は放水量との関係も漁況との関係もわずかで，これまた現実の放水量の程度ではほとんど漁況への影響が認められない。

流動のうち，漁場の流向が放水によつてどのような変化を受けるかは資料が不備でわからないが，表層の流速は一昼夜連続観測と染料を用いての拡散実験の結果から推して，いくら大きくても数 cm 程度を出ないと考えられる（4.1.1.4）。中層では表層よりさらによほど低速と見られる。一方，表層流速と漁況との関係（図 3.11.2）を見ると，15 m/min 以上となれば獲れなくなるが，この年の観測値（昭和 33 年 12 月～34 年 3 月）ではそのような大きい流速がなかつたので，放水が流速の増加を通して漁況に影響したとは認められない。

この外直接間接にブリの餌料となつているプランクトンの量は放水によつて変化し，漁況に影響するであろうと思われるが(中井・本城・服部，1959；中井・本城・服部・木立・鈴木・工藤，1960)，月1回の測定資料では放水の影響を統計的に見出すことが不可能であつた。この資料のなかには季節的な変動も，年による変化も含まれており，放水量の有無や大小による差を分離することは無理だからである。しかし，水温や塩素量などの海況の変動はプランクトンの量に変化を与えるので，プランクトンによる漁況への影響はこのような海況の変動によるもののなかに含まれているとも考えられる。

ブリ漁況に関係のある海況要素は第3章で論じたようにこの外にも種々あり，観測値そのものの外にも傾度という言葉で表わされる空間的や時間的の微分値もあれば，時間的のずれを考慮した積分値もあろう。しかしそれらが放水によつてどのような変化をするかは中々難しい問題である。とくに微分値の場合にはこの観測値の精度がとくに要求されるなどの難点もあつて，実際問題としては全くわかつていないと言つてよい。したがつて放水の漁況に及ぼす影響を判定する手がかりとしては，それらはまだ実用となし得なかつたのである。

結局，残つた手がかりは漁場塩素量のみということになる。塩素量はブリの遊泳層に近い 10 m 層，25 m 層ともに放水によつてかなり低下するし(図 4.3.1～2)，漁況との関係も，10 m 層では 18.3～18.5‰，25 m 層では 18.8‰ と好漁を示す範囲の下限（限界塩素量）がわかつているばかりでなく，水温と組合せた海況についても漁況との関係が明かになつている（図 3.7.1～2)。そこで，塩素量を用いて放水による漁獲量減少率を推定する方法を述べよう。

4.1.2.1 漁獲日数の減少率の計算法

漁獲量の減少率を求める前に漁獲日数の減少率を求める方法を述べる。ここで言う漁獲日数とはある尾数以上獲れた日の数を言い，本稿では一応100尾以上とした。放水による減少を推定するのにこの程度が妥当と考えた理由は，3.1.1.1 で述べたことと同じである。

漁場においてこの漁期間に観測され得る塩素量を含む適当な区間を l 個の小区間（級）に分割し，塩素量の小さい方から第 i 番目の級を ΔCl_i で表わし，ΔCl_i の中点を Cl_i，$i=1,2,\cdots,l$ とする。この小区間に入る観測値の回数（日数）を N_i，N_i のうちの漁獲日数を k_i，漁獲日数出現率を r_i とすれば

$$k_i=r_iN_i \tag{4.1}$$

全漁獲日数を K とすれば

$$K=\sum_{i=1}^{l}k_i=\sum_{i=1}^{l}r_iN_i \tag{4.2}$$

限界塩素量を Cl_m とすると

$$r_i=0 \qquad (i<m)$$

で，図 3.4.1 から近似的に

$$r_i=一定=r \qquad (i\geqq m)$$

と見なしてよいから，(4.2) より

$$K=\bar{r}\sum_{i=m}^{l}N_i \tag{4.3}$$

放水があつた場合については $'$ をつけて表わせば，

$$K'=\bar{r}\sum_{i=m}^{l}N'_i$$

r と m とはブリの生態によるもので放水の有無によつては変らないと考えられるからである。漁期間の Cl 全観測日数を N，N' とすれば，放水による漁獲日数の減少率 ρ は

$$\rho=1-\frac{K'}{N'}\Big/\frac{K}{N} \tag{4.4}$$

$$=1-\frac{\sum_{i=m}^{l} N'_i}{N'}\Big/\frac{\sum_{i=m}^{l} N_i}{N} \qquad (4.5)$$

これを実例によつて示そう。図 4.7 のBは島勝漁場でこの漁期間に観測された 25 m 層の塩素量の百分率の頻度分布で，N'_i/N' を $\Delta Cl=0.1‰$ について示したものである。m は第3章の結果から18.8‰のところにとつた。この図で斜線を引かないところの面積を F' とすれば

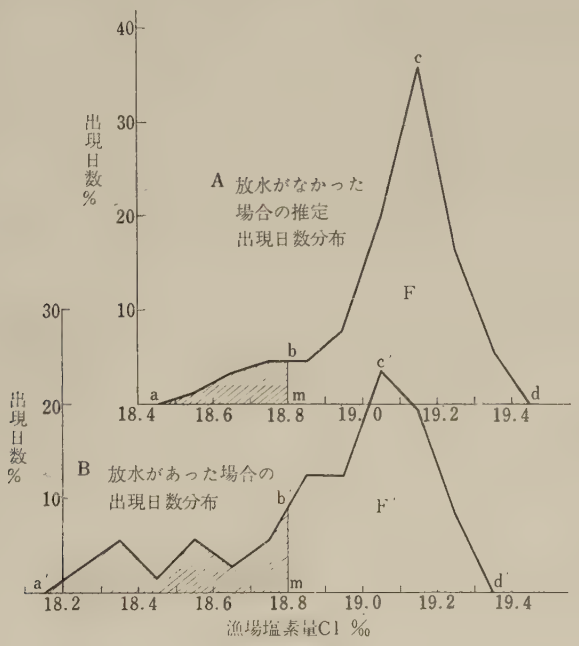


図 4.7　放水の有無による塩素量の頻度分布の比較（25 m 層，34 年）

$$F'=\frac{\sum_{i=m}^{l} N'_i}{N'}\Delta Cl$$

で，同じ時期について放水がなかつた場合の塩素量の頻度分布を，4.1.1.2 の推定方式を日々の放水量について適用して推定したのが図のAであつて

$$F=\frac{\sum_{i=m}^{l} N_i}{N}\Delta Cl$$

であるから，これらを (4.5) 式に代入して

$$\rho=1-\frac{F'}{F} \qquad (4.6)$$

と書けるのである。

なお (4.3) 式で Cl が m より高いところで r が一定，低いところで $r=0$ と仮定したが，実際には図 4.8 のように r がなだらかな変化をするものであろう。しかし，計算の上では上のような仮定を用いても結果にはほとんど影響がないのである。なお Cl のごく高いところは r が小さいようにも見えるが，標本数が少ないので，一応一定として扱つたが，実際にはこれで結果に差は生じないものと考えられる。

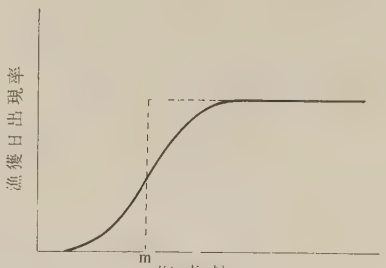


図 4.8　漁獲日出現率と漁場塩素量の関係の模式図

4.1.2.2 漁獲尾数の減少率の計算法

漁獲尾数の減少率は一応日数のそれとほぼ同じと推定されはするが，厳密に考えると異なる面がある。放水があつたために漁獲日数から落ちたと推定される日に獲れたはずの尾数は，一応は漁期全部で平均した1日当り漁獲尾数に等しいと推定するのが最も確からしい。その限りでは日数の減少率と尾数のそれとに差異が起らない。しかし，1回(日)当りの漁獲尾数は月によつて大いに異なり，月の中での変動は漁期を通した時のそれよりよほど小さいので，月別に1回（日）当りの平均漁獲尾数を用いた方がよい推定値となるはずで，この推定値を用いる場合には，漁期を通しての日数の減少率と尾数のそれとは一般に異なつてくる。漁獲日数の減少率が大てい月によつて異なるからである。たとえば，減少率の月々の配分が盛漁の月にひどく，あまり漁れない月に軽ければ，漁期を通しての尾数の減少率は日数減少率よりひどくなるはずである。この月による1回当りの漁獲尾数としては，比率のみわかればよいので，その最も信頼できる数字として，鳥勝の組合より提供を受けた統計に近年のものを加えた昭和20年～32年の平均の月別漁獲尾数の比率を求めて用いた（表 4.4(A)）。

表 4.4 鳥勝漁場月別ブリ漁獲尾数

昭和年	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	計
20 (19～20)	0	2	6,103	1,617	8,511	4,291	20,524
21	0	10,343	2,666	702	7,760	574	22,045
22	4	14,952	3,771	11,177	13,327	8,342	51,573
23	5,889	24,441	21,427	38,204	8,411	9,782	108,154
24	260	1,171	14,162	8,582	7,254	2,905	34,334
25	24	15,763	3,742	11,668	4,182	381	35,760
26	0	687	29,375	32,274	7,824	1,227	71,387
27	351	54,537	5,887	50,433	26,215	6,502	143,925
28	32	9,964	16,305	6,247	4,102	1,908	38,558
29	2	22,942	43,177	11,616	17,137	2,913	97,787
30	16	2,287	5,524	97,272	14,466	2,056	121,621
31	0	1,496	3,395	118	1,598	87	6,694
32	24	265	4,432	1,472	755	519	7,467
小 計	6,602	158,850	159,966	271,382	121,542	41,487	759,829
(A)%	0.87	20.90	21.04	35.72	16.00	5.46	100
33	0	21	2,910	4,018	1,080	110	8,139
34	146	3,291	10,963	14,713	3,864	217	33,194
	(0)	(3,297)	(10,182)	(12,330)	(4,281)	(229)	(30,319)

20～31 年は鳥勝ブリ大敷組合提供　　32～34 年は三重水試尾鷲分場調べ
（ ）は三重水試本場の資料（2 種）より計算したもの

いまこれらの比率を p_j とする。j は月を表わす。各月ごとの漁獲日数の減少率を ρ_j とすると，尾数の減少率 r_n は

$$r_n=\sum p_j\rho_j \qquad (4.7)$$

で計算される。ただし

$$\sum p_j=1$$

4.1.2.3 鳥勝漁場における放水によるブリ漁獲尾数減少率推算の実際
（昭和 33 年 12 月～34 年 5 月）

計算に用いた基礎資料は本稿の各所にすでに示したが，基礎資料の値に或る幅が考えられる時には正確を期するために2通りの数字を使つた。10 m 層と 25 m 層の深度を考えそれぞれの塩素量を使つて計算した

のも，10 m 層での限界塩素量を 18.3‰ と 18.5‰ と2通り用いたのもその意味である。この問題にしている漁期に放水がもしなかつたら塩素量がどうなつたかは，4.1.1.2 で求めた放水量と低下量との関係から，日々の観測値を使つて毎日推定できるが，昭和 30 年の塩素量の頻度分布は放水が全くない頃のもので，これを平年値の代表と見られないことはないから，推定塩素量の代りにこれを用いた場合についても計算した。従つて減少率は6通りの値が求められるわけである。

まず漁獲日数減少率 ρ を求める式は (4.5) であるが，平年値として昭和 30 年のものを用いる時には，j 月の観測回数が昭和 34 年に N'_j，30 年に N_j，そのうち限界塩素量以上の回数をそれぞれ n''_j，n_j とすると

$$\rho_j=1-\frac{n''_j}{N'_j}\Big/\frac{n_j}{N_j} \tag{4.8}$$

と書ける。放水がない場合の値を，34 年に実際観測した値とその前日の放水量からその都度推定する場合には次のように簡単になる。j 月に塩素量を観測した回数のうち限界塩素量以上の回数は n''_j で，放水がなかつたと仮定した時の推定塩素量で限界以上のそれを n'_j とすると

$$\rho_j=1-\frac{n''_j}{n'_j} \tag{4.9}$$

となるのである。このようにして6通りの場合について月々で ρ_j を求めた。なお1月には 34 年の観測がわずかに2回に過ぎなかつたので，平年値として 30 年のもののみを使つた。

次にこの各月の減少率 ρ_j に，表 4.4 の(A)欄に掲げた月々の漁獲尾数の百分率 p_j を用いて，式 (4.7) によつて漁獲尾数減少率 r_n を計算した結果が表 4.5 である。最低 7% から最高 15% の範囲内に入つている。限界塩素量の差異はかなりはつきり r_n に利いているが，平年値として昭和 30 年のものそのままを用いた結果は，34 年からの推定値を用いた時と大差がない。

ここに示した数字の幅はもちろん，標本誤差から来た統計学的のものではない。標本誤差はここに用いた基礎資料の数字のそれぞれに入つており，放水による塩素量の低下量のようにそれを見積ることの可能な場合もあるが，全くわからないこともあるので，そのような見積りはあえて試みなかつた。もしそれができたとすればこの 7～15% という幅は，信頼度にもよろうがもつと大きいものになるに違いない。

表 4.5　放水による漁獲尾数減少率の推算結果

計算方法			昭和33年	昭和34年					計
深度	限界塩素量	平年塩素量の推定法	12月	1月	2月	3月	4月	5月	
10 m	18.3	(1)	0	0	0	0	.057	.014	.071
〃	〃	30 年	0	0	0	0	.057	.023	.080
〃	18.5	(1)	0	0	.012	.020	.080	.034	.146
〃	〃	30 年	0	0	.012	.020	.080	.034	.146
25 m	18.8	(2)	0	0	.012	0	.048	.039	.099
〃	〃	30 年	0	0	.022	0	.080	.042	.144

		12 月～3 月	4 月～5 月
(1)	34 年より推定	$\Delta Cl=.022\,H$	$\Delta Cl=.057(H-5.8)$
(2)	〃	〃 $=.011\,H$	〃 $=.029(H-7.2)$

ΔCl は放水による低下塩素量 ‰
H は前日放水量 m^3/sec

またこの数字はすべて確率に基づいたものであつて，毎年の漁獲量の減少率がこの数字になるという意味ではない。昭和 34 年のような海況と放水がもし毎年続いたならば，放水がない場合と比較して，永年の平均としてこの率だけ漁獲尾数が減るであろうということである。このように数字の求められた条件が限定さ

れていて，現実に相当な幅を考える必要はあるが，しかし実際問題として漁業補償額算定の基礎資料として提供するにはこの程度で一応満足せねばなるまい。

4.2 尾鷲湾内ブリ定置網漁況に及ぼす熊野川水系ダム放水の影響の予察

熊野川水系のダム放水は昭和 36 年夏より開始の予定で現在工事中であるから，漁況への影響もまだ予察の段階にある。したがつて，漁獲量の減少率の推定も，宮川ダムの場合とくらべて一層困難でもあり，推定値の精度が劣ることは止むを得ない。しかしこの問題に関しては前述のように，尾鷲湾放水影響調査団が組織され，昭和 31 年 10 月～同 33 年 10 月の間，調査研究を重ね，その結論の概要は「尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査報告」（昭和 33 年 10 月）に，その裏付けとしての学術報文は「尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論文集」（昭和 35 年 12 月）として発表された。筆者はこの調査団の一員として主としてブリ漁況に関する研究に従い，放水による漁獲量減少率を推定し，その根拠を上述の「報告」および「論文集」に示した（栗田，1960c; 1960d）。本稿でその内容の一部に関連してはすでに記したが，本節では直接に放水の影響を予察した部分についてのみあらためて述べたいと思う。

研究の方針としては前に述べたとおりで，宮川ダムの場合と全く同じである。1) 漁況と海況との関係，2) 放水による海況の変化，3) 放水による漁況の変化，の順で，最後の段階が実際に要求されている問題である。1) の問題はすでに第 3 章でくわしく述べたので以下に 2) と 3) について論ずることにする。

4.2.1 ダム放水による尾鷲湾内ブリ定置網漁場の海況の変化

尾鷲湾内のブリ定置網漁場は九木一，二号および尾鷲（桃頭島）の 3 カ所を数える（図 2.7）。同湾奥へのダム放水がこれら漁場の海況にどのような変化を与えるかについては前記調査団によつて詳細な調査と予察が行なわれた。それらの調査研究について前記の論文集（1960）に坂本，平野，石井・宇野・小長谷その他の論文がある。坂本（1960a, 1960b, 1960c, 1960d, 1960e）は湾内に流入する河川の流量変化と湾内各点の観測資料から解析して，流入陸水が流況，塩素量，水温，透明度などに与える変化について詳細な論議を行ない，平野（1960）は塩素量の分布について理論的研究を，石井外 2 氏（1960）は流況などについて模型による実験的研究を報告している。これらは放水に対する海況の変化を相補つて究めており，その結論は相互に矛盾が見られない。尾鷲湾においては宮川ダムの場合と異なり湾内に流出する河川が多く，自然の河川水流出量の変動が大きいので，河川を通して行なわれる放水のための塩素量の変化が比較的に容易に予察できるわけである。坂本は湾内 25 点の各層塩素量と河川水の流出量との関係を図示し，放水によつて最も明瞭な変化を見せるのは塩素量であるとしている。また放水による水温の変化は小さく，外湾部では河川水の増加流量 24 m^3/sec でも 5 m 層で 0.3°C 以内の低下に過ぎないと予察した。透明度 T_r は $\log T_r = a \cdot Cl^2{}_0 + b$ の実験式で表わされると述べているが，これは流量増加により透明度が下がることを示し，10 m^3/sec ていどの増加流量ではその低下は前記のブリ漁場では 2 m 以下と見られる。これら坂本の結果と，筆者が宮川ダムの放水と島勝漁場の関係について実際に放水の行なわれた資料から，全く異なつた統計的な方法で求めた結果とはよく似ている。さらに筆者（1960c）は漁場のところばかりでなく，ブリの魚道に当る外湾部一帯の水温や塩素量の水平分布を手がかりとして，放水によつて漁況が受ける影響を予察しようとしたが，水平分布が放水によつて受ける変化を明かにすることができず目的を達し得なかつた。結局第 3 章に述べた結果と考え合せると，尾鷲湾の場合にも，ダム放水によつてブリ定置網漁場に及ぼす影響のうち漁獲量減少率を求めるための手がかりとなる海況要素は塩素量のみであることがわかる。

坂本の与えた図（1960b）から，九木一号と尾鷲漁場における塩素量の低下量を求めると，表 4.6 のようになる。ここで放水量というのは河川の自然出水量に加わる増加流量であつて，厳密には自然出水量が異なれば，この低下塩素量も異なるが，一応自然出水量を冬ブリの漁期では 10～15 m^3/sec としている。このように自然出水量の考慮を要することが宮川ダムの場合とは異なる点である。宮川ダムでは放水地点の三浦湾では自然出水量は無視できるほど少ないし，相城湾に流入する河川として取り上げるべき赤羽川は島勝漁場より約 10 km 離れ，広く外海に面しているので，そこでの自然出水量の大小はダム放水による低下塩素量

表 4.6　放水による漁場塩素量の低下量 ‰（予察）
（昭和 32～33 年度調査資料による）

漁場		九木一号		尾鷲	
深度 m		10	25	10	25
放水量 m^3/sec	10	0.23	0.13	0.08	0.06
	20	0.43	0.25	0.16	0.11
	30	0.58	0.35	0.25	0.17
	40	0.71	0.44	0.34	0.24

を求めるのに考慮する必要がなかつたのである。なお表 4.6 に示す低下量はさきに筆者が宮川ダムの放水と島勝漁場塩素量の関係として求めた値の 12 月～3 月の場合とくらべ，九木一号の場合は 10 m 層，25 m 層何れの場合もほとんど同じであり，尾鷲漁場では 10 m 層で約 1/3，25 m 層で約 1/2 となつていることは，全く異なつた資料を異なつた方法で解析したものとしてその一致が不思議に見えるほどである。さらに，宮川ダムの場合に 4，5 月には塩素量の低下量が，或る放水量以上では 12 月～3 月より大きかつたが，これは坂本の結果で自然出水量が大きいと低下量が大きくなつており自然出水量の大きい時期として用いたなかに，4，5 月の資料が含まれていることと符合している。

4.2.2　熊野川水系ダム放水による漁獲量減少率の予察

まず漁獲日数減少率の予察方法について述べよう。考え方は宮川ダムに対する島勝漁場の場合と全く同じである。漁獲日としては 100 尾以上の日を考え，限界塩素量を 10 m 層で 18.3～18.5‰，25 m 層で 18.8‰ とする。これは熊野灘中部の各漁場で 12 月～5 月の間には漁場による差異はないと見たのである。

次に放水量は宮川ダムの場合のように日々にわかつたわけではないから，漁期間に一様であるとして，10, 20, 30, 40m^3/sec それぞれの場合を考える。それから平年の塩素量の頻度分布としては，とにかく調査期間の昭和 32 年 2 月～5 月，32 年 12 月～33 年 3 月までの観測値から求める。この点問題があるが他に資料もないから止むを得ないであろう。もつともその後の観測資料を加えて計算すれば多少変つてくるであろうが，その後の資料は本稿では取扱つていない。塩素量の値は月によつてかなり異なるので，一漁期を通した頻度分布を求めるには各月の観測回数がほぼ等しくないと偏りを生ずるおそれがある。ここに使う資料をその点から見ると，12 月から 5 月までの 6

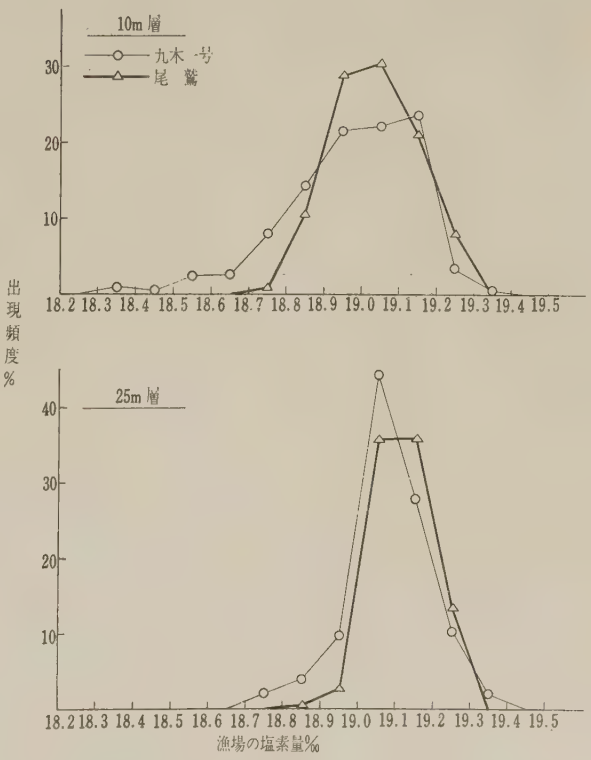


図 4.9.1　漁期間の漁場塩素量の頻度分布
（昭和 32 年 2 月—5 月，同 12 月—昭和 33 年 3 月までの資料による）

カ月の漁期のうち，2 月と 3 月のみは 2 年分あるのでこの両月のみは 2 年の平均分布をとつた。他の月は 1 年分のみでそのまま分布に加えた。図 4.9.1 はそのような補正をほどこし百分率で表わした結果である。これを見ると，尾鷲漁場は九木一号より塩素量が高く，その変動の幅も小さい。

漁獲日数減少率の計算式は (4.9) であるが，この場合は月別にではなく一漁期をまとめて (4.9) 式を使うので，n'_j の代りに $\sum n'_j$，n''_j の代りに $\sum n''_j$ となる。そして前に述べたとおり限界塩素量は 10 m 層では 18.3‰ と 18.5‰ の 2 通り，25 m 層では 18.8‰ とする。$\sum n'_j$ の値は図 4.9.1 の資料から直ちに求められる。この場合 n'_j, n''_j の代りに百分率を使つても同じである。$\sum n''_j$ の値は近似的に，図 4.9.1 の上で限界塩素量の位置 m を低下塩素量の値だけ右に寄せた場合の新しい m より右に入る日数 (百分率) を数えればよい。ただし低下量は‰でいつて小数点以下 2 桁まで求めてあるから図 4.9.1 では 0.1‰ 刻みのなかは按分比例して計算した。以上の計算によつて得られた結果を表 4.7 に掲げる。これから，概略で九木一号では 10 m^3/sec の増加流量では 100 尾以上漁獲日数の減少率が 10% 以下*，20m^3/sec では 10～40%*，尾鷲漁場では 10～20 m^3/sec ていどの増加流量ではほとんど漁獲日数が減少しないものと予察される。

表 4.7 熊野川水系ダム放水による漁獲日数減少率（予察）
(昭和 32, 33 年漁場塩素量資料による) 陸水自然出水量を 10～15 m^3/sec とする

漁場		九木一号			尾鷲		
深度 m		10		25	10		25
限界塩素量 ‰		18.3	18.5	18.8	18.3	18.5	18.8
増加流量(放水量) m^3/sec	10	0.02	0.08	0.08	0	0	0
	20	0.09	0.34	0.35	0	0	0
	30	0.25	0.74	0.78	0	0	0.08
	40	0.52	0.93	0.93	0	0.04	0.26

次に漁獲尾数の減少率と日数のそれとの差であるが，島勝漁場の場合のように月によつて放水量が異なればその差は推定できるが，今の場合は予察の段階であつて月々の放水量まではわからないので，その限りではその推定ができない。もつとも自然出水量が異なると放水量 (増加流量) が同じでも低下塩素量が異なる可能性があり，その点で日数の減少率が月で異なることになり，漁期を通して見た時に尾数のそれとの差が推定できる。しかし冬ブリの漁期内で月による平均自然出水量の差異の程度では坂本の図表 (1960b) によつて見ても，低下塩素量の差異はきわめて小さく，問題にしなくてよさそうである。

さて以上の結果で，放水によつてブリの漁獲量の減少する程度が，九木一号よりも放水口に近い尾鷲漁場の方に小さくなつているのはちよつと奇異に感ぜられる。これは坂本 (1960a) の述べた流況から見ると九木一号の近くでは沿岸水が停滞することがあるのに，尾鷲漁場ではそのようなことはきわめて少なく，沿岸水は比較的速く流れ去ること，宮崎 (1960) によると塩素量の鉛直分布で，尾鷲漁場では表層から中層への塩素量の増加が九木一号より大きいこと，また漁期内における表層塩素量の頻度分布 (図 4.9.2) を見ると尾鷲漁場は放水口に近いだけに平均して低いのに，10 m，25 m 層で高くなつていること，などの事実から放出水は尾鷲漁場では表層に強く影響するが，中下層には比較的拡散し難いと考えれば納得できるであろう。

予察の段階での研究結果は以上のとおりであるが，今後さらに研究すべき重要な点にブリの魚道に対する影響がある。松江 (1960) が推定したように，尾鷲湾内外の定置漁場間のブリ漁獲の配分の模様と海況との関係を統計的に検討すると，湾内水の動きがブリの魚道を左右して漁獲の配分に関連するから，放水による湾内の水の動きを魚道において見るために魚道の重要な点で漁場と同じく日々の観測を行ない，漁況との関

* 先に発表した数字 (栗田，1960d) と少し異なるのは，宮川ダムの研究結果を参照して m=18.3‰ の場合をも加えて考慮したからである。

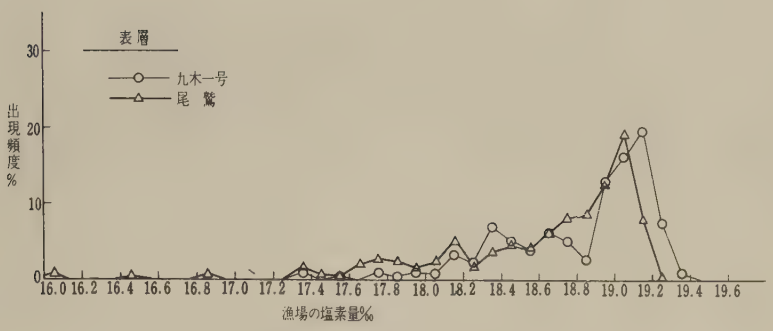


図 4.9.2　漁期間の漁場塩素量の頻度分布（0 m 層）

係を調べる必要があろう。定置網漁場の海況のみからは放水の影響がないように見えても，魚道を変えさせることによつてブリ漁況への影響が認められることが起り得るからである。鳥勝漁場の場合はこの点を吟味して，実際上漁場の海況のみで差支えないことを知つたが，柱城湾より湾口のせまい尾鷲湾では魚道が陸地に近い（宮本，1956a；野村，1959b；野沢・間庭・田原，1960）ため放水の影響が定置網のところより魚道の方に大きくなつて，漁況への影響がこの点から認められる可能性がある。

問題点はまだいろいろある。ブリの餌料生物や他の競合生物に及ぼす放水の影響ももつと突込んで考えるべきであろう。ブリの餌料生物についてはかなり研究があるし（三谷，1958a, b；1959d；畑中・高橋・村川，1958；畑中，1959；中井・本城・服部，1959；中井・本城・服部他三氏，1960），ブリと同日に同じ網に漁獲される他の魚種についても統計があるが，それらをとおしてブリ漁況への影響がもつと統計的に判断できるよう調査や研究が進められることを希望するものである。

文 献

相川広秋 (1938): 標識放流試験より見たるブリの魚群体，水産学会報，**7** (4)，230–235.
浅利竜雄 (1960): 福島県における定置網漁業に関する二，三の考察，ていち，**24**，26–39.
深滝 弘 (1958): 対馬暖流水域におけるブリ稚魚の出現分布について，ていち，**16**，35–45.
福井県水産試験場 (1935): 福井県夏ブリ蓄養試験概要，定置漁業界，**25**，300–310.
福岡二郎 (1960): 日本近海にあらわれる冷水塊及び暖水塊について，海と空，**36** (1)，1–12.
橋本富寿・西村 実・間庭愛信 (1960): Sonobuoy による魚群検知に関する一実験，日水誌，**26** (3)，245–249.
畑中正吉 (1948a): 宮城江の島沿岸海況の変動，第1報 長期の変化，日水誌，**13** (4)，161–163.
———— (1948b): 宮城江の島沿岸海況の変動，第2報 輪廻現象，日水誌，**13** (5)，213–215.
———— (1949): 東北海区沿岸水温の累年変化，日水誌，**15** (1)，41–43.
————・高橋正雄・村川五郎 (1958): ブリの生態に関する二三の実験的研究，日水誌，**24** (4)，251–255.
———— (1959): ブリの食性調査，宮城水試沿岸漁業集約経営調査報告．(抄録，ていち，**21**，63.)
東田 勇・南沢 篤 (1956): 若狭湾のブリについて（主として1955年夏冬ブリの魚体測定及び漁獲量調査から得た2，3の考察)，対馬暖流開発調査第4回シンポジウム発表論文集，339–354. (謄写刷)
平野敏行・杉浦健三 (1958): 河川流入のある小内湾の塩分々布に就いて，東海水研報，**22**，1–16.
———— (1960): 尾鷲湾における平均塩分々布の予察，尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論文集，尾鷲湾ダム放水影響調査団，105–112.
広岡茂久 (1958): ブリ定置網における二重落網の研究，ていち，**16**，52–57.
堀田熊次郎 (1935): 岩手県下閉伊地方に於ける鰤漁業に関して，定置漁業界，**25**，152–169.
堀内岩次郎 (1956): 二重落し網，ていち，**10**，115–117.
井伊 明・井上喜平次・柘植秀臣・小川良徳・内橋 潔 (1952): 魚類の夜間行動に関する研究（第1報)，創立三周年記念論文集（日本海水研)，21–26.
————・————・————・————・———— (1953): 魚類の夜間行動に関する研究—II，日水誌，**19** (4)，239–242.
石井一美・宇野道夫・小長谷庸夫 (1960): 尾鷲湾ダム放水に関し模型実験による流況の研究，尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論文集，尾鷲湾ダム放水影響調査団，113–134.
石原重郎 (1935): 鰤敷網雑題，定置漁業界，**25**，133–142.
———— (1936): 漁業雑感，定置漁業界，**30**，32–37.
石原正義 (1935): 静岡県伊東漁場に於ける透明度と鰤漁に就きて，定置漁業界，**25**，267–268.
石田稜威雄 (1936): 茨城県下定置漁業の海況と漁況に就て，定置漁業界，**28**，60–75.
石津 峻 (1956): 女島漁場回游鰤の特性に就いて，ていち，**8**，31–38.
市島宇八 (1925): 富山湾産鰤調査報告，富山県水産講習所事業報告，大正12年度，1–68.
———— (1928): 気温と鰤漁況について，定置漁業界，**4**，5–9.
笠松弥一 (1934): 鰤の記録，定置漁業界，**23**，36–51.
川上太左英・山崎正幸 (1952): 日本海岸のブリの漁況について，創立三周年記念論文集（日本海水研)，111–114.
———— (1958): 箱網の潮流による吹かれについて，ていち，**18**，26–32.
河村兵三 (1937): 錦村鰤定置漁業の改良に就きて，定置漁業界，**31**，44–50.
川本信之 (1956): "魚類生理学"，石崎書店，第1版，pp. 319.
———— (1959): "魚類生理生態学"，厚生閣，pp. 254.
木村五郎 (1935): 宮崎県築島に於ける鰤漁況，定置漁業界，**25**，196–201.
木村喜之助 (1932): 駿河湾東北隅淡島大謀網付近の海況に就きて，日水誌，**1** (3)，130–142.
———— (1933): 駿河湾沿岸のブリ・メジ漁況，日水誌，**2** (4)，183–194.
———— (1935a): 駿河湾東北隅淡島大謀網付近の海況に就きて 続報—I，日水誌，**4** (1)，54–60.
———— (1935b): 相模灘のブリ漁況と海況との関係，定置漁業界，**25**，237–259.
———— (1936a): 駿河湾東北淡島大謀網付近の海況に就きて 続報—II，日水誌，**4** (5)，339–352.
———— (1936b): 駿河湾東北淡島大謀網付近の海況に就きて 続報—III，日水誌，**4** (6)，374–384.
———— (1936c): ブリの動き，定置漁業界，**29**，15–23.
———— (1937a): 標識放流試験より見たるブリの移動，水試報告，**8**，51–70.
———— (1937b): 標識放流試験より見たるブリの移動，定置漁業界，**32**，12–26.
———— (1937c): 相模湾及び駿河湾東部に於て漁獲されるブリの魚体，水試報告，**8**，71–88.

———— (1937d): ブリ漁場の水温変化に就いて，定置漁業界，**32**，101–105.
———— (1940): 相模湾の海況とブリ漁況，水試報告，**10**，38–230.
———— (1942): 沿岸の大急潮に就いて，中央気象台彙報，**19** (1)，1–85.
———— (1952): ブリの産卵場・産卵期に関するブリの卵巣の調査，東北水研報，**1**，54–62.
木梨 清 (1959a): 昭和33年度茨城県春網定置の漁況について，ていち，**19**，31–41.
———— (1959b): 茨城県沿岸漁況に関する調査（I）：定置漁業を中心にしたブリ永年漁況について，茨城県水産試験場報告（昭和31，32年度），124–127.
———— (1960): 茨城県沿岸の定置漁業を中心にしたブリ永年漁況について，ていち，**23**，80–86.
久保伊津男 (1961): "水産資源各論"，水産学全集，**14**，346–387，(pp. 396).
栗田正人・加藤義雄 (1957): 丹後海のブリ定置漁況と海況・気象について（特に水中照度との関係），ていち，**13**，42–52.
栗田 晋 (1959): 放水が島勝ブリ定置網の漁況に及ぼす影響，富川ダムの放水が柱城湾の海況および漁況に及ぼす影響調査報告，東海水研，54–80.（謄写刷）
———— (1960a): 島勝ブリ定置漁場の漁況と海況との関係，ていち，**23**，49–56.
———— (1960b): 漁獲量などから見たブリの資源，水産科学，**2** (11)，14–17.
———— (1960c): 尾鷲湾ブリ定置漁場近海の塩分および水温の水平分布とブリ漁況，尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論文集，尾鷲湾ダム放水影響調査団，229–240.
———— (1960d): 尾鷲湾ブリ定置漁場の塩素量とブリ漁況との関係およびこれに基くダム放水影響の予察，尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論文集，尾鷲湾ダム放水影響調査団，241–250.
小島省吾 (1939): 富山湾に於ける鰤漁況と海況との関係，定置漁業界，**37**，57–62.
高知県水産試験場 (1956): 釣ブリ漁業について，高知水試昭和31年度報告，1.（抄録ていち，**12**，75–77.）
松江吉行 (1960): 尾鷲湾の近接した定置網間の漁況の相違と海況との関係，尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論文集，尾鷲湾ダム放水影響調査団，205–216.
松野助吉・尾藤信正・谷 巌 (1925): 鰤漁場海況調査（自大正5年至大正12年），富山水講事業報告，大正12年度，1–26.
松下友成・伊東英世 (1952): サバとブリの標識再捕記録，漁業科学叢書，**5**，17–47.
———— (1953): ブリとその漁業，漁業科学叢書，**6**，13–17.
丸川久俊・神谷尚志 (1930): 重要魚の標識放流成績，水試報告，**1**，1–38.
丸茂隆三 (1951): 日本近海におけるプランクトン量と透明度との関係，日海誌，**7** (1)，9–13.
三重県水産試験場 (1935): 三重県ブリの標識放流調査によるブリの回游，定置漁業界，**25**，291–292.
————尾鷲分場・三重県定置漁業協会 (1955): "三重県定置漁業誌"，pp. 140.
南沢 篤 (1960): 若狭湾に来遊するブリについて，ていち，**25**，49–55.
三谷文夫 (1954): 若狭湾西部漁場における漁況学的研究—I．ブリの漁況と気象要因との関係，日水誌，**20** (2)，89–95.
———— (1957): 太平洋各県のブリの漁況の相関性と漁獲高の永年変化，日水誌，**22** (10)，605–608.
———— (1958a): 胃の内容物から見たブリの食性—I．食餌構成種とその季節変化，日水誌，**24** (3)，176–181.
———— (1958b): 胃の内容物から見たブリの食性—II．摂餌活動の日週変化および成長に伴う摂餌率の変化，日水誌，**24** (3)，182–185.
———— (1958c): ブリの産卵についての一考察，ていち，**15**，35–43.
Mitani, F. (1958d): Studies on the Maturity and Spawning of the Yellow Tail, *Seriola quinqueradiata* T. and S. found in the Japanese Waters and their Adjacent Regions—I. Bilateral Asymmetry of Gonad and Maturity Grades, *Jap. J. of Ecol.*, 8 (1), 7–11.
———— (1958e): Studies on the Maturity and Spawning of the Yellow Tail, *Seriola quinqueradiata* T. and S. found in the Japanese Waters and their Adjacent Regions—II. Spawning Season and Spawning Area, *Jap. J. of Ecol.*, 8 (2), 53–62.
三谷文夫 (1959a): 長崎県男女群島に来遊するブリの産卵群について，日水誌，**24** (9)，708–713.
———— (1959b): 対馬に来遊するブリ群について，日水誌，**24** (11)，888–892.
———— (1959c): 北海道周辺海域へ来遊する特大ブリ群について，日水誌，**25** (1)，7–11.
———— (1959d): ブリの食性，ていち，**22**，16–22.
道津喜衛・庄島洋一・竹下貞二 (1957): 対馬で獲れた特大ブリについて，ていち，**13**，19–32.
三浦定之助 (1927): 鰤回游について，定置漁業界，**1**，23–67.
———— (1930a): 昭和元年11月より昭和2年5月に至る鰤漁況報告，定置漁業界，**10**，22–55.

——— (1930b): 海中の塵埃と漁具透視距離，定置漁業界，**11**，24–37.
宮本秀明 (1941): 鰤大謀・落し網の模型実験的研究—VI. 実際漁場に於ける潮流と漁具との関係に就いて，日水誌，**9** (5)，181–184.
—— (1944): "定置網漁論"，河出書房，pp. 343.
——— (1951): 定置網の研究，東海水研報，**2**，1–122.
——— (1954): 昭和27年3月 26，7 両日に亘つて相模湾を襲つた急潮とそれに依る定置網の被害について，ていち，**1**，33–38.
———・野村正恒・野沢 靖 (1954): 1950年12月から1953年5月末に至る三漁期間の太平洋岸中南部冬季及び春季ブリ漁況について，東海水研報，**8**，1–22.
——— (1956a): 三重県九木ブリ大敷網漁場の沿革並びに漁獲統計から見た二，三の問題，ていち，**7**，60–67.
——— (1956b): 落網に入る魚の行動について，ていち，**10**，106–114.
宮崎広三 (1928): 鰤産卵期及び産卵場確定上の参考資料，定置漁業界，**3**，37–39.
宮崎千博 (1960): 尾鷲湾ブリ漁場の塩素量の鉛直分布と漁況との関係，尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論文集，尾鷲湾ダム放水影響調査団，217–228.
森敬四郎 (1956): 昭和30年度太平洋岸冬ブリ漁況の概要について，ていち，**10**，141–151.
——— (1957): 昭和31年度太平洋岸中南部冬ブリの漁況概要について，ていち，**14**，35–45.
——— (1958): 昭和32年度冬ブリの漁況及びブリ標識放流の経過概要について，ていち，**18**，68–83.
——— (1960): 昭和33年度太平洋岸冬ブリ漁況及び標識放流経過の概要について，ていち，**23**，62–79.
永田俊一 (1954): 昭和26年度及び27年度の富山湾における冬ブリ漁況と気象・海況との関係について，ていち，**1**，25–32.
——— (1959a): 日本海におけるブリ標識放流結果について，日水研報，**7**，43–55.
——— (1959b): 日本海におけるブリ標識放流結果について，ていち，**21**，14–29.
中井甚二郎・本城康至・服部茂昌 (1959): 海洋生物並びに一般漁況に及ぼす放水の影響，宮川ダムの放水が熊野湾の海況および漁況に及ぼす影響調査報告，東海水研，35–50. (謄写刷)
———・———・———・木立 孝・鈴木秀弥・工藤盛徳 (1960): ダム放水がプランクトン及びブリの餌料に及ぼす影響の予察，尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論文集，尾鷲湾ダム放水影響調査団，135–158.
西川 博・森 勇 (1956a): 下五島長手に於ける定置網ブリ漁況と気象との関係，五島灘並にその周辺調査，**18**，長崎水試資料，**87**，33–49. (抄録 ていち，**13**，71–73.)
———・——— (1956b): 下五島玉之浦黒瀬ブリ漁況と気象との関係，五島灘並にその周辺調査，**18**，長崎水試資料，**87**，50–62.
野村正恒 (1956): 昭和25年度から27年度までの三漁期間の太平洋岸のブリ漁況，ていち，**7**，22–29.
——— (1958): 定置漁場に関する二三の考察，ていち，**18**，50–56.
——— (1959a): 定置漁場に関する二三の考察，東海水研報，**24**，1–6.
——— (1959b): 定置漁場選定と魚道について，ていち，**21**，30–40.
野沢 靖・間庭愛信・田原陽三 (1960): 尾鷲湾におけるブリ魚道の調査，尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論文集，尾鷲湾ダム放水影響調査団，175–186.
——— (1960): 尾鷲湾のブリ定置漁場における流動とブリ，アジ漁況との関係，尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論文集，尾鷲湾ダム放水影響調査団，201–204.
岡林正十郎 (1958): 塩化ビニリデン系化学繊維を用いたブリ落網の模型実験，ていち，**17**，33–40.
岡田弥一郎・窪田三朗 (1956): チチブの塩分適応能力について—I. 致死塩濃度と生存時間の関係，日水誌，**21** (12) 1,204–1,209.
———・花岡利昌・藤本克己 (1960): ブリ・アコヤガイ及びイセエビの淡水に対する反応の実験的研究，尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論文集，尾鷲湾ダム放水影響調査団，251–272.
奥 清一 (1960): "和歌山県定置漁業誌"，紀南海区漁業調整委員会，昭和35年10月.
尾鷲湾放水影響調査団 (1958): "尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査報告"，pp. 52.
——— (1960): "尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論文集"，pp. 303.
利渉義宣・小野 斉・上村清幸・古市健夫 (1960): 昭和34年の房総ブリ漁況展望，ていち，**24**，56–59.
坂本市太郎 (1960a): 流入陸水の沿岸海況に及ぼす影響—第II報. 外海性海湾 (尾鷲湾) に於ける自然流況及び低減水流去の経路並びに発電計画の流況に及ぼす影響の予察，尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論文集，尾鷲湾ダム放水影響調査団，21–34.
——— (1960b): 流入陸水の沿岸海況に及ぼす影響—第III報. 外海性海湾 (尾鷲湾) の塩素量に及ぼす陸水流入の影響並びに発電計画の影響に関する予察，尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論

文集，尾鷲湾ダム放水影響調査団，35–56.
———— (1960c)： 流入陸水の沿岸海況に及ぼす影響—第Ⅳ報．外海性海湾（尾鷲湾）に於ける熱収支及び海水温に及ぼす流入陸水の影響について並びに発電計画の影響に関する予察，尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論文集，尾鷲湾ダム放水影響調査団，57–74.
———— (1960d)： 漁場の滲透圧環境に関する考察（水温変化の間接的影響），尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論文集，尾鷲湾ダム放水影響調査団，75–79.
———— (1960e)： 流入陸水の沿岸海況に及ぼす影響—第Ⅴ報，外海性海湾（尾鷲湾）の光学的構造に及ぼす流入陸水の影響について並びに発電計画の影響に関する予察，尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論文集，尾鷲湾ダム放水影響調査団，81–104.
佐々木三治 (1935)： 富山湾に於ける鰤及鰤漁業に就て，定置漁業界，**25**，95–108.
沢田郁次・石津 峻・田中 暲・吉川明夫 (1960)： ブリ資源調査報告（Ⅰ），ていち，**26–27**，101–153.
島津吉仁 (1960)： 全国定置漁場（大洋漁業ＫＫ経営による）の漁況の推移並びに漁具の合理化について，ていち，**23**，87–88.
末広恭雄 (1951)： “魚類学”，岩波書店，pp. 332.
諏訪技師 (1952)： 昭和26年度高知県下ブリの漁業と海況について，高知水試事業報告，**49**，65–71.
鈴木正助 (1960)： 海況の長期変動とブリの漁況，ていち，**23**，57–61.
高橋浩一郎 (1955)： “動気候学”，岩波書店，pp. 316.
高橋 亘 (1938)： 潮と魚，定置漁業界，**35**，78–83.
高芝一男 (1954)： 昭和28年度三重県に於ける冬ブリ漁況と海況，ていち，**2**，20–22.
———— (1955)： 昭和29年度三重県下ブリ漁況について，ていち，**6**，70–76.
———— (1956)： 昭和30年度熊野灘に於けるブリ漁況の不漁原因について，ていち，**10**，135–140.
田村 正 (1942)： 外囲の変化が魚類に及ぼす影響に就て（Ⅴ報）環境水の塩分濃度が数種海産魚類の呼吸に及ぼす影響，水産学雑誌，**50**，30–41.
———— (1943)： 外囲の変化が魚類に及ぼす影響に就て（Ⅵ報）数種海産硬骨魚類の稀釈水並に濃縮海水中に於ける生存時間及び体重変化に就ての予察的研究，水産学雑誌，**51**，61–71.
田中茂穂 (1939)： 魚の洄游，定置漁業界，**39**，9–11.
田中 糾 (1931)： 洛山湾鰤蓄養経過に就て，定置漁業界，**13**，5–10.
田内森三郎・三善清旭 (1937)： 東北海区に於ける二三の魚類の漁況に就て（サケ・ブリ・アジ），日水誌，**5** (5)，287–290.
————・———— (1939)： 日本海本土側に於ける二・三の魚類の漁況に就て，日水誌，8 (1)，7–13.
———— (1940)： ブリの Stock に就て，日水誌，**9** (3)，91—93.
———— (1956)： 相模湾・熊野灘における冬ブリの接岸，ていち，**10**，31–36.
東海区水産研究所 (1955)： ブリの漁況，宮川ダム放水が島勝漁場へ及ぼす影響予察調査，中間報告，D. 1–63.（謄写刷）
———— (1956)： “宮川ダム放水が島勝漁場に及ぼす影響予察調査報告”（昭和29～30年），昭和31年3月，pp. 81.（謄写刷）
———— (1959)： “宮川ダムの放水が桂城湾の海況および漁況に及ぼす影響調査報告”，昭和34年11月．pp. 92.（謄写刷）
東海水研漁具科 (1958)： ブリ標識放流の経過概要について，ていち，**15**，44–50.
富山県水産講習所 (1936)： 鰤不漁の原因に関する研究，定置漁業界，**28**，19–23.
富山県定置漁業研究会 (1935)： 富山湾に於ける鰤漁獲と海況との関係表，定置漁業界，**26**，p. 40.
———— ———— (1937)： 富山湾に於ける海況調査解説，定置漁業界，**31**，52–55.
辻田時美 (1957)： 東支那海及び対馬海峡の漁業海洋学 1. 漁場の水理構造とその生態学的特徴，西海水研報，**13**，1–47.
宇田道隆 (1927)： 気象要素と漁獲との関係（第一報）低気圧の運動の漁獲の上に及す影響に就いての統計的研究，水産講習所試験報告，**23** (3)，113–120.
————・本田幸市 (1934)： 長崎五島西村及び伊豆網代赤石崎に於けるブリ網の漁況に就いて，日水誌，**2** (5)，263–271.
———— (1935)： ブリ漁期に於ける相模湾の海況，定置漁業界，**25**，230–236.
———— (1937a)： ブリ漁期に於ける相模湾の海況及び気象と漁況との関係，水試報告，**8**，1–50.
———— (1937b)： ブリ漁の豊凶年と海況との関係の一考察，定置漁業界，**31**，17–23.
———— (1940)： 近年本州南海黒潮流域に於ける海況の異状と漁況との関係，水試報告，**10**，231–278.
———— (1951)： 黒潮の流軸と潮境の変動，日海誌，**6** (4)，181–189.
Uda, M. (1952)： Relation between the Variation of Fisheries Condition and Oceanographical

Conditions. I., *J. Tokyo Univ. of Fisheries*, **38**, 363–389.
宇田道隆 (1953): 相模湾の急潮とその予知について (第1報), 日海誌, **9** (1), 15–22.
———— (1955): 最近年の日本沿岸漁況の動向と海況変化の関係, ていち, **6**, 77–86.
————・山本泰彦 (1955): ブリ群の移動について, ていち, **3**, 24–31.
———— (1956): 最近の定置網の漁況と海況, 特に昭和31年冬の冷潮害について, ていち, **10**, 152–157.
———— (1960): "海洋漁場学", 厚生閣, pp. 347.
宇野道夫 (1960): 尾鷲湾付近のブリ漁場における海況と漁況との関連性について, 尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論文集, 尾鷲湾ダム放水影響調査団, 187–200.
内田恵太郎・道津喜衛・水戸 敏・中原官太郎 (1958): ブリの産卵および初期生活史, ていち, **17**, 19–23.
内橋 潔 (1930): ブリの洄游について, 定置漁業界, **10**, 8–21.
———— (1960): 魚の游泳定位について, 日水誌, **26** (3), 273–276.
渡辺信雄 (1956): 海況変動の予想, 昭和29～30年宮川ダム放水が島勝漁場に及ぼす影響予察調査報告, 東海水研, 3–30. (謄写刷)
————・平野敏行・藤井一朗・杉浦健三 (1959): 放水後の海況について, 宮川ダムの放水が桂城湾の海況および漁況に及ぼす影響調査報告, 東海水研, 6–31. (謄写刷)
山下弥三左衛門 (1928): 鰤洄游深度とその群色, 定置漁業界, **5**, 3–29.
———— (1958): 潜水観察と定置漁業, ていち, **17**, 49–54, ていち, **18**, 88–94.
山田又市 (1958): 太平洋岸に於ける気圧と定置漁業との関係, ていち, **18**, 84–87.
山寺敏之 (1935): 海洋暦の研究、定置漁業界, **24**, 6–21.
安田豊造 (1956): 富山湾におけるブリの漁況と海況, 対馬暖流開発調査第4回シンポジウム発表論文集, 353–368. (謄写刷)
米沢勇三 (1958): 二段式登網について, ていち, **18**, 66–67.
吉原友吉 (1956): 沿岸水温と塩分の変化についてI. 観測地点の緯度と水温及び塩分の関係, 水産増殖, **4** (1), 19–26.

Statistical Investigations on Fluctuations in Catch of the Yellowtail, *Seriola quinqueradiata* and Related Oceanographic Conditions

Susumu KURITA

Synopsis

1. Fishing Conditions

The yellowtail, *Seriola quinqueradiata* T. & S., is one of the most important species for commercial fisheries in Japan. In order to elucidate characteristics of annual fluctuations in the catches and tendencies of the yellowtail population, statistical records of landings for 60 years since 1890's have been examined.

1. 1) In discussing the fishing conditions, the amount of catch has been expressed by logarithm. The results of the present treatment seem to verify feasibility of using logarithm in analysing fluctuation of catches and in clarifying principles which control fishing conditions.

1. 2) The data used for the study comprise total landings throughout the country for the above-mentioned period, landings classified by sea regions such as the Pacific, Japan Sea, and East China Sea, and major prefectures including Iwate, Kanagawa, Mie, Kochi, Toyama, Shimane, and Nagasaki. An emphasis of the study was given upon the yellowtail catches that occur in winter at important set netting grounds in Kumano Nada and Sagami Bay. Data relevant to the amount of fishing effort and tagging experiments have been used to estimate the fluctuation in the size of population.

1. 3) The study reveals that the annual total of catches covering the whole regions has been on a steady increase since 1894 at the average rate of 1.8 per cent a year.

1. 4) After 1930 prolonged fluctuation in the catches for the whole regions, Japan Sea region, and Pacific region have recurred in a cycle of about eleven years in a close coincidence with the number of the sunspots (Figs. 1.2, 1.3). Nearly every five years after the occurrence of the maximum of the sunspots there took place very prosperous fishing in these regional categories.

1. 5) Data from Mie Prefecture indicate that both the amount of catches produced in the waters of Kumano Nada and the number of set nets installed there varied from year to year in a trend markedly similar to each other (Figs. 1.5.1, 1.6.2). Since set nets are one of passive types of gear, the number of fish caught with set nets can be regarded as an index to an available population of fish when the data are compiled for a number of years. With this view in mind, one may propose two possible interpretations of the similarity of the trends. In one of them the phenomenon is attributed to changes in the available population of fish which exerted a greater influence upon the number of set nets than the latter did upon the amount of catches. On the other hand, it is also possible to interprete that the size of the available population was altered in years later in consequence of an effect which changes in the number of gear or fishing intensity might have had on reproduction of the yellowtail population.

1. 6) Data of the yellowtail catch in winter in Kumano Nada were obtained from eight set nets at different localities. From 1910 onward nearly every one of the gears showed fluctuation in the catches in a cycle of 18 or 19 years (Figs. 1.8.1–1.8.8). Particularly, statistical data of catches at four major netting grounds (Kuki Nos. 1 and 2, Shimakatsu, and Nishiki No. 1) computed for a sufficient length of years seem to be reliable as an index to the available population. Although one has to take improvement of fishing efficiency into account,

these data of catches distinctly indicate the cycle at the above-mentioned intervals of years (Fig. 1.8.9).

According to data of set net catches in Sagami Bay which do not cover so long years as those in Kumano Nada, recurrence of the both extremities of catches took place at intervals of one or two years shorter or longer than that in Kumano Nada (Figs. 1.9.1–1.9.3).

1.7) The abundance of the yellowtail population may be considered with reference to tagging recoveries made in the coastal waters along the both sides of the Japanese Islands. There are reasons to believe that the yellowtail population in the Japanese waters as a whole has remained in a constant level for the years under study. On the Pacific coast, however, the rate of tagging recoveries made within nine months after release increased from 0.21 in the prewar period to 0.33 in the postwar period. The increase in the recovery rate seems to reveal a diminution of the yellowtail population in the Pacific coast from its prewar size. Because the amount of catches in these regions increased but at a lower rate than the tagging recoveries, and because catch by each set net in Kumano Nada was not augmented despite fishing efficiency that was improved in those set nets as a whole from their prewar level.

On the side of the Japan Sea a high rate of increase in the catches as compared with a low rate of tagging recoveries suggests that the size of the yellowtail population in these regions may be still large and sustainable under the present rate of exploitation. As seen above, the manner in which these two factors (the level of catches and the tagging recovery) are related with each other is different between the both sides of the Japanese coast. In addition, the tagging recoveries have seldom shown evidences of intermingling of the yellowtail from one side of the sea to another. A logical inference from these facts is that the yellowtail occurring off Japan consists of at least two different populations or sub-populations, one separated in the Pacific coast from the other in the Japan Sea coast.

2. Oceanographic Factors Pertinent to Catches in Winter

In Section 2, oceanographic data possibly related with fishing conditions for the yellowtail are arranged according to various attributes.

2.1) The data used in this section were mainly made available from eight major set netting grounds in Kumano Nada at morning hauls of net in the months December to May in the 1956–1957 through 1958–59 seasons. The items of data include water temperatures, chlorinities and transparency etc. Daily changes of values of these items at a 25-m layer, the depth which is not applicable to transparency, are plotted by year and netting ground (Figs. 2.1.1.1.–2.1.8.3). Frequency distributions of these items in each fishing ground are arranged by depth of water (surface, 10-m and 25-m layers) and by early and later halves of every season lasting from December to May (Figs. 2.2.1–2.4.2). The monthly averages of the items are tabulated by depth of water, fishing ground and seasons (Tables. 2.2.1–2.4).

2.2) Prolonged fluctuations in surface temperatures and chlorinities observed at six important regular stations around Japan (Nojimasaki, Daiosaki, Shionomisaki, Yakushima, Goto Osesaki and Rokugosaki) are indicated by averages whithin a year or major season for the yellowtail (Figs. 2.5.1–2.5.4).

2.3) Since 1957 oceanographical observations have been repeated 74 times at a number of fixed stations in Owase Bay, Mie Prefecture. The results obtained enable to classify most of horizontal distributions of temperatures and chlorinities into four patterns (Figs. 2.8.1–2.9.4), of which three are found favorable for inducing successful fishing of the yellowtail (Table. 3.5). On the basis of statistical treatment of temperatures and chlorinities at various layers obtained every day at eight fixed stations off Shimakatsu, horizontal distributions of these items averaged per the winter fishing season have been inferred to lead discussion on flows of coastal water and offing water.

3. Relationships between Oceanographic, Meteorological Conditions and Set Netting Catches in Kumano Nada

On the basis of the data introduced in the foregoing sections, an attempt has been made to find out statistically relationships between oceanographic conditions and fluctuations in catches.

3. 1) It is conceivable that some of oceanographical conditions and fishing conditions distinctly correspondable to each other in time and space could be combined in a pair. Therefore, by collecting as many pairs of such combinations as possible from the data at hand, they have been subjected to statistical analyses. It is also required to comprehend oceanographic conditions as a vector as far as such a treatment is possible.

3. 2) In connection with the time and space factors the study intended here may be roughly divided into two categories: one which deals with detailed relationships between the daily oceanographic and fishing conditions at specific fishing grounds, and the other which roughly considers relationships between oceanographic and fishing conditions over an extensive area and scores of years, with different procedures to be applied to the respective categories. Incidentally, occasional reference is to be given to a few cases that may fall somewhere between these two categories.

3. 3) For the detailed study, the frequency of the successful fishing day when at least 100 individuals or more of the yellowtail were caught has been sought, as a first step, in association with oceanographic data. Then, statistical evaluations of relative frequencies of the successful day to total number of days observed, enabled to determine an optimal level of specific environmental conditions. Here the lower limit of a successful day's catch was arbitrarily set at 100 because environmental conditions associated the catch less than that amount may not always be favorable for fishing. It is interesting to note that the number of the successful day defined as above remained at 20 or 30 per cent of the total number of days when there was any amount of catch. Nevertheless, the amount of catches on the successful days usually exceeded over 90 per cent of the total catches in most of the fishing grounds (Table. 3.1). It would be better as a criterion to set the lower limit somewhere above 100 fish. In that case, however, the number of successful days may become too scarce for statistical treatment. The results of this study may serve as biological knowledge to check and supplement experiments for observing environmental effects upon ecological behaviours of fish. Oceanographical factors considered for the present purpose include not only values observed on the day when fishing was carried out, but also values observed before and after the fishing day, vertical and horizontal distributions of the values, and combinations of any two oceanographical factors. An attempt to combine more than two factors for studying oceanographic conditions on a broader basis could not be realized because of limitation of the available data. In regard to vertical and horizontal distributions of the factors, frequencies of the successful fishing days were sought according to each of a few distributional patterns of the factors to compare the respective effect upon fishing.

3. 4) On the basis of curves drawn in relation between catches and oceanographic factors (Figs. 3.1.1–3.2.2, 3.4.1–3.4.2, 3.6.1–3.6.2, 3.10.2–3.11.2), optimal values securing the favorable fishing fall within the ranges indicated in the following table.

3. 5) In regard to the study on vertical distributions, comparative values of temperatures and chlorinities in a 10-m layer and a 25-m layer, which are close to the swimming depth of the yellowtail, were classified into cases where the value on one layer is greater or smaller than, or nearly the same with, that on the other layer. In case of the combinations of the vertical thermal distributions the frequency of successful fishing can be associated, in the decreasing order, with $T_{10}<T_{25}$, $T_{10}\fallingdotseq T_{25}$, and $T_{10}>T_{25}$. In case of chlorinity, the frequency is high both in $Cl_{10}<Cl_{25}$ and in $Cl_{10}\fallingdotseq Cl_{25}$ but low in $Cl_{10}>Cl_{25}$.

From these findings it may be concluded that favorable fishing is expectable when the osmotic pressure is greater in the 25-m layer than in the 10-m layer.

Table showing oceanographic conditions for successful fishing of the yellowtail

Factors	Whole season (Dec. to May)	Early half (Dec. to Feb.)	Later half (Mar. to May)
Temperature (°C)			
Surface	14 ~17	No data	14~17
10-m layer	14.5~17.5	〃	15~18
25-m layer	15 ~17.5	〃	15~18.5
Chlorinity (‰)*			
Surface	No data	No data	No data
10-m layer	≧ 18.4	≧ 18.7	≧ 18.4
25-m layer	≧ 18.8	≧ 18.9	≧ 18.8
Transparency (m)**	4 ~ 23	4 ~ 23	4 ~ 23
Current velocity (m/min)	≦ 13	≦ 13	≦ 13

* The upper limit of chlorinity for successful fishing has not been determined.
** Though it did not seriously affect the catches, a lower transparency of the sea was usually associated with a greater amount of catches. However, no relations could be observed between the transparency and the amount of catches for the early half of the season in Katsuragi Bay and for the later half in Owase Bay.

3. 6) In regard to horizontal distributions of the factors, discussion made in the foregoing section is reiterated here. Among four patterns of the horizontal distributions, the successful fishing is best expectable when pattern C takes place in Owase Bay (Figs. 2.8.3, 2.9.3). In other words, this is the case where the offing water coming into the bay is pressed apart north and south by the coastal water projecting into it as current rips are formed most extensively under these circumstances.

3. 7) In respect to diurnal changes of temperatures and fishing conditions, there is a question whether or not an abrupt rise of temperature as by fast inflow of the offing water would bring successful fiishing. On the days when temperature rose 1°C or more a day, the existence of the above relationship is known in Sagami Bay. However, no such relation as seen in Sagami Bay could be obtained in Kumano Nada where the phenomenon of the fast inflow is obscure.

3. 8) The positions and shape of a successful fishing domain on a two-dimensional plane when catch per day was 100 individuals or more were examined by combining two oceanographic factors (Figs. 3.7.1-3.9). The results revealed that the temperature and chlorinity combination obviously has physiological significance upon the successful fishing. Physiological significance of other combinations such as between temperature and transparency or chlorinity and transparency remains to be solved in future studies. Among factors to be determined by relation between temperature and chlorinity, the osmotic pressure is physiologically important. In the successful fishing domain specified above, the minimum of the osmotic pressure was 23.0 at a 10-m layer, and 23.6 at a 25-m layer. Although the maximum could not be determined due to the limited range of observed values, it is sure that the osmotic pressures 24.5 in a 10-m layer and 24.4 in a 25-m layer are included in the successful fishing domain. If the osmotic pressure is in the domain specified above, it may be assumed that the high level which minimum chlorinity showed for successful fishing in the early half of the season as described in the paragraph 3.4 is attributable to the low temperature in the early season.

3. 9) There are a number of previous works which deal with effects of oceanographic conditions in the open sea and meteorological conditions upon the yellowtail fishing. Conclu-

sions drawn from those works, however, are not always the same one another. For instance, most of the authors support a higher temperature to be good for the fishing, but a few maintain contrarily. A nearly unanimous view is that the tidal current, when coming from the outer sea into the coastal area, drives the yellowtail into a set net. Statistical examination which the author carried out for the low atmospheric pressure indicates that a low pressure inducing a favorable fishing is determined by the route and force of the centre of the atmospheric pressure ; a weak one giving no appreciable effect upon the fishing. When a low pressure is passing over the general vicinity of a fishing ground, plentiful catches oftener took place in one to three days following the low pressure than in the preceding days.

3. 10) Between prolonged fluctuations in the yellowtail population migrating into Kumano Nada and oceanographic conditions observed at regular coastal stations, no relations could be made evident. However, fluctuations in the availability that occurred in a short period of years outside the 18- or 19-year cycle seem to have relation with the average difference of temperature and chlorinity between Daiosaki and Shionomisaki in the fishing season. Because when the difference is large, the availability remains at a low level (Fig. 3.16). When the geographical area is extended to such a distance as between Nojimasaki and Shionomisaki, no relations are hardly obvious for a period of 40 years in regard to oceanographic effects upon the fishing (Fig. 3.17.1~3.17.2).

3. 11) Although no inference could be made possible as to causes inducing the available population to Kumano Nada to fluctuate in a cycle of 18–19 years (Fig. 1.8.9), it is interesting to observe that this cycle is similar to the Saros period of the solar and lunar eclipses. Particulary the maxima of the available population occurred in 1917, 1935 and 1953 when the frequencies of the eclipses were the highest. The phenomena may be of a mere coincidence. Yet one may recall that the tides of the sea are related with the eclipses, as well. If such an astronomical factor is recognized for the fishing in Kumano Nada, similar cases of the 18–19 year cycles may be found in other fishing areas.

4. Effect of Dam Water Discharge upon the Yellowtail Fishing

4. 1) In connection with power dams which were or will be constructed in upper reaches of rivers flowing into Kumano Nada, possible effects that water discharged from the dams may bring upon the set-net fishing for the yellowtail have been estimated on the basis of studies so far conducted in regard to oceanographic and fishing condition in the area. Water from one of the dams is discharged at a point about six kilometers off Shimakatsu fishing ground in Katsuragi Bay. The other which is under construction is expected to give effect of discharged water upon fishing grounds at Kuki Nos. 1 and 2 about ten kilometers off and at Owase about six kilometers off the discharging point (Fig. 1.7).

4. 2) Among various oceanographical factors, chlorinity was found the most susceptible to effects of the discharge from the dams. Water samplings from different depths have indicated that chlorinity at intermediate layers such as 10 m and 25 m, which are close to the swimming depth of the fish will receive the most serious influence in the light of fishery interest (Figs. 3.4.1 – 3.4.2). In case of Shimakatsu, daily and monthly changes of chlorinity due to the dam discharge was statistically computed by the use of oceanographic data observed day by day (Figs. 4.3.1 – 4.3.2). The frequency distribution of chlorinity becomes different depending on whether the dam water has been discharged or not. Thus the frequency distribution of chlorinity higher than the limit (18.3—18.5‰ at a 10-m layer and 18.8‰ at a 25-m layer) (Fig. 4.7) enables to compute difference in number between two cases when the water was either discharged or not. Then the results were coordinated in computing the ratio at which the number of fishing days decreased from the normal level. On the basis of these ratios and the number of fish caught every month and throughout the season for 14 years, it was estimated that the number of catch was decreased at the rate of

7 to 15 per cent for the volume of water discharged during the months from December 1958 to May 1959 (Table 4.5). The percentage thus reported was adopted as a basis of compensation paid to the fishermen for the loss of catches.

4.3) In case of Owase Bay the dam construction has not been completed to discharge water. Therefore, possible effects on chlorinity were estimated by different procedures (Sakamoto, 1960). Influences on the yellowtail fishing were predicted by the same methods as used for Shimakatsu fishing ground. As the study was a prediction based on a limited amount of data, its reliability would be low. However, the rate at which the number of fishing day would decrease at Kuki No. 1 was estimated to be lower than 10 per cent for the average volume of discharge 10 m^3/sec. When the discharge remains to this extent, little or no effect is expected to be brought upon Owase fishing ground by the dam water (Table 4.6).

4.4) It is hoped that the results of the investigations so far applied to actual interests of the fishermen will be further improved by more extensive research into oceanographic and fishing conditions in order to secure principles governing fluctuation of the fishing conditions. The author wishes that such efforts will become foundation for development of science related to fisheries.

Preliminary Report on Age Determination by Scales and Growth of Sardine in the Gulf of Suez*

Shoukry Naseef**

Introduction

Existence of the sardine, *Sardinella jessieu* (Lacépède) in the Gulf of Suez has been known ever since this species was sometimes found mixed in catches by beach seiners operating on a small scale not far from the shore. As those fisheries had not been operating specifically for the sardine, the amount of catch had never been greater than showing mere existence of the fish in the area. In September 1959, when a purse seine boat, 130 horse poweres, aided with a few skiffs and kerosene lamps of about 2,000 total candle powers, was introduced there to fish for the sardine, however, the fishermen had catches as much as 12 metric tons per night, demonstrating that the sardine stock in the Gulf might be large enough to allow a commercial exploitation.

In a sudden rise of the sardine fishery that had followed since then in the Gulf area, the number of purse seiners had been increasing one after another until it reached five boats as of March 1960. With that fact as an incentive, beach seine fishermen became often proceeding from their usual grounds to farther offshore to operate for the sardine by means of boat seine. Now there are about 100 to 200 non-powered boats operating in this fashion. Naturally sardine landings on the Suez area have shown a sharp increase.

A question the Government of the United Arab Republic have been ever since considering is whether or not fishing at the present rate will give any effects upon the sardine resource in the Suez area. Upon consultation with the staff of the Institute of Hydrobiology and Fisheries, Alexandria, therefore, the Government have taken a step to limit the number of purse seines in the area to five net for the time being.

As in any other fishery existing elsewhere, management aiming at development and rational utilization of the sardine resource in the Suez area require amounts of scientific data and information in regard to relationships between two groups of factors, one including fluctuations in abundance and distribution of the fish population; the other including fishing and environmental conditions. Above all, it is particulary urgent to predict on the basis of scientific data an optimal level of catch which will not give a detrimental effect upon recruitment to the sardine population.

* Received Aug. 30, 1960. Contribution A No. 135 from the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory.

** A fishery trainee from the Institute of Hydrobiology and Fisheries, Alexandria, U.A.R.

Here are a few facts one should refer to in this respect : Development of the sardine resource in the Gulf of Suez has still been in the stage of inception ; fishing is carried out in a relatively simple manner ; in the light of topography and oceanography, the Gulf apparently has simple characteristics of an enclosed environment. These facts would certainly interest one in the sardine fishery in the Suez area as a model case of fluctuations in living marine resources in general.

Prepared with this view in mind, the present paper gives an account of preliminary studies on body length, age determination by scale reading, and growth of *Sardinella jessieu* (Lacépède) which are now being caught in the area. For comparison, occasional reference will be made to *Sardinella eba* (Cuv. & Val.) that occur in the Mediterranean Sea.

The author appreciates assistance given by innumerable persons for him to have the opportunity for studying in Japan under the Technical Cooperation Plan for the Near and Middle East Countries during the months from March to August 1960. Particularly, he wishes to thank Mr. Ichitaro Gensho, Director of the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, Drs. Saburo Kawada and Keishi Amano, Supervisors of the Fishery Training Center of the same, and Hidenosuke Kaneko, Fishery Interpreter of the Society for Economic Cooperation in Asia, for their kind arrangement enabling him to carry out the research under report. For theoretical and technological guidance in performing the work, he is deeply indebted to Messrs. Zinziro Nakai and Keiichi Kondo of the Marine Resources Section of the Laboratory. The last two gentlemen and Mr. Masao Ishida of the same helped him prepare the paper.

Material

Samples of the fish used for the present work were made available under the conditions as indicated in Table 1. Geographical localities of the fiishing grounds are shown in Fig. 1. In addition, specimens of *S. eba* (Cuv. & Val.), collected with gill net at an estuary of the Nile in June and July 1959 were used for comparision.

Table 1. Information pertinent to Sardine samples under report

Sample number	Date of fishing	Fishing Gear	Fishing Ground		Nnmber of individual
1	59/10/ 6	Purse seine	Gulf of Suez	El-Deir	20
2	59/12/13	〃		Ras Abu-Zenima	20
3	60/ 5/ 8	〃		—	20*
4	60/ 6/23	〃		—	10

* Includes 14 individuals of which body length was not measured.

Method

In measurement of the body, the fork length* was used for sample Nos. 1 and 2, and the body length** for sample Nos. 3 and 4. In 25 individuals of the Japanese sardine, *Sardinops melanosticta* (Tem. & Schl.), with the body length ranging from 10.7 to 20.8 cm., the ratio of the fork length to the body length was from 0.90 to 0.94. The mean value of the ratio, 0.92, was tentatively used as a factor for converting the fork length into the body length. A check with two individuals of *Sardinops juss.* (Lacépède), from the Suez area which had the ratio of 0.94 against the body length of either 13.7 or 15.3 cm., respectively, has revealed that the mean coefficient is nearly acceptable as the conversion factor.

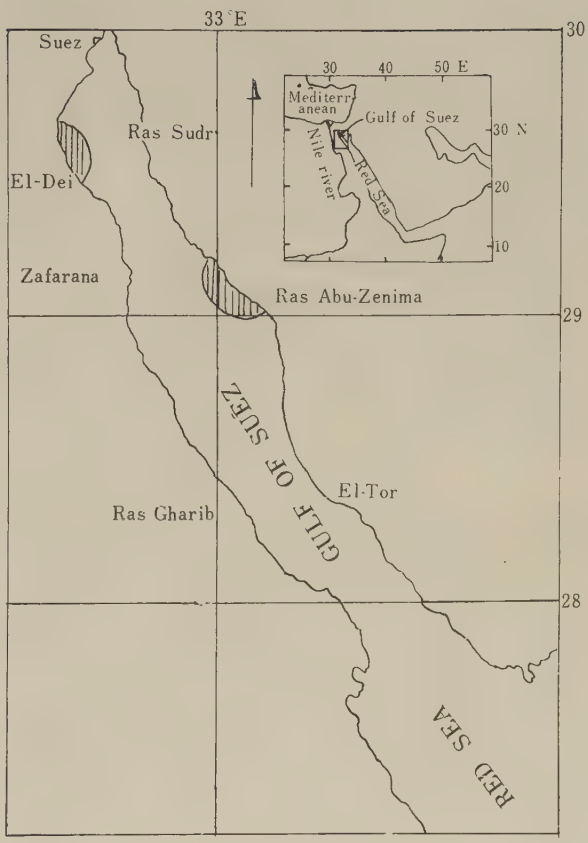


Fig. 1. Gulf of Suez. Some of samples under report were collected in the shaded area.

The scales used for the study were mostly taken from an area of the body between the anterior base of the dorsal fin and the pectoral fin. Since there were smaller-sized scales in the upper part of the area specified above, the sizes of the scales have been found rather irregular. Scales mounted between slide glasses were subjected to microscopic observation at a low magnification (about 10 powers) for scale patterns. Positions of rings, anterior margin, and the center were plotted with the help of a cameralucida. When the center was not distinct, a center either on the boundary between the exposed and the covered parts or on the first groove of the scale was plotted. On the basis of the points thus plotted, measurement was taken for the radius from the center to each ring (v) and scale length from the center to the anterior margin (V). A check on the measurement was made with

* Distance from the tip of the lower mandible to the deepest point of the caudal fin.

** Distance from the tip of the lower mandible to the posterior end of a silvery part seen when scales are removed off the caudal peduncle.

photographs of the scales enlarged at 10 powers with a Shadow Graph projector manufactured by the Nihon Optical Industrial Company. It is possible to recognize a ring on the scale by observing intermittences or twists of ridges. In plotting the positions of rings, they were classified into two categories: Distinct rings and less distinct ones. The former could be seen more clearly and more continuously encompassing the scale than the latter. Rings which were discontinued or obscure were excluded from plotting. Of these rings, the distinct ones have been recognized as an annulas in the result of examination to be described later.

An assumption that a distinct ring is acceptable as an annulus makes it feasible to compute the body length which an individual fish with such rings had at the time of the ring formation. The computation has been made according to Lee (1920) as follows.

$$l_i = (L-a)\frac{v_i}{V} + a$$

where l_i: body length (cm.) estimated for the time when i-th annulus was formed,
L: body length measured of a sample,
a: body length at the time of scale formation,
v_i: ring radius or distance from the center to i-th annulus,
V: scale length or distance from the center to anterior tip of the scale.

The body length, a, at the time of scale formation has been tentatively estimated at 3 cm. by extrapolating the regression line between the measured body length and V of normal scales obtained from the position specified above. This value is nearly in accord with the value of a of *Sardinops melanosticta* (Tem. & Schl.) from Japanese waters.

Results and Discussion

Table 2-a to 2-d indicate measurements of the body length (L) and scale length (V), radius of each ring (v) accepted as an annulus, the body length (l) calculated for distinct rings, and marginal increment width (d) which is distance between tip of the scale and the outermost annulus. According to the body length composition by sample (Fig. 2), modes are notable in the ranges:

11.5 to 12.0 cm. in October 1959,
12.5 to 13.0 cm. and 14.0 to 14.5 cm. in December 1959,
11.5 to 12.0 cm. in May 1960,
15.0 to 15.5 cm. in June 1960.

Thus, it may be stated that the body length of sardines occurring in purse seine catches from the Suez Area falls in the range from 11 to 15 cm., as far as the present samples are concerned.

i) Determination of the Annulus

Let r represent a ring accepted as very distinct under the microscopic and

Table 2. Measured of calculated body lengths and marginal increment width of the scale.

a. Sample caught on October 6th, 1959.

Individual number	L (cm)	V (mm)	v_1 (mm)	l_1 (cm)	v_2 (mm)	l_2 (cm)	d (mm)
1	14.0	3.24	2.74	11.3			0.50
2	13.7	2.58	2.30	11.5			0.28
3	12.4	3.73	3.36	11.5			0.37
4	10.5	3.27	(2.66)	(9.1)			
5	11.5	2.76	(2.46)	(10.6)			
6	10.1	3.41	(2.80)	(8.8)			
7	11.5	2.94	(2.38)	(9.9)			
8	10.7	3.14	(2.76)	(9.8)			
9	11.0	3.43					
10	11.5	3.06	(2.37)	(9.6)			
11	11.5	3.57	(3.23)	(10.7)			
12	10.7	3.06	(2.60)	(9.6)			
13	11.0	3.04	(2.43)	(9.4)			
14	11.2	3.12	(2.55)	(9.7)			
15	11.5	3.00	(2.52)	(10.1)			
16	11.4	3.06	(2.58)	(10.9)			
17	11.7	3.14	(2.81)	(10.8)			
18	13.0	3.38	2.77	11.2	3.14	12.3	0.24
19	12.2	2.10	1.82	11.0			0.28
20	12.6	3.05	2.66	11.4			0.39

For tables 2-a to 2-d abbreviations are:

L: body length;

V: scale length;

v_1, v_2 and v_3: radius of the first, second or third ring, respectively;

l_1, l_2 and l_3: calculated body length for the time when the first, second or third ring was formed;

d: marginal increment width.

Numerals in parentheses show the scale lengths with unclear rings or calculated body length of individuals having such scales, respectively.

photographic observations. The body length has been calculated for everyone of the first (r_1), second (r_2), and third ring (r_3). The calculated body length presents no large variations within the same category of the ring despite that the specimens were different in the time of fishing seasons and in their measured lengths (Table 3 and Fig. 3). Take for instance the specimens which had only the first ring (r_1). Although they were caught in either October, December, May or June, most of the calculated body length (l_1) fall in the intervals from 10.5 to 12.5 cm. For specimens with r_2 at the outermost ring, the calculated body length (l_2) occurs mostly in the intervals between 13.5 and 14.0 cm. These facts suggest that formation of the distinct rings took place at the time when those individuals were nearly the same in the body length. Although differences in l_1 are not remarkable among the three groups

b. Sample caught on December 13th, 1959.

Individual number	L (cm)	V (mm)	v_1 (mm)	l_1 (cm)	v_2 (mm)	l_2 (cm)	d (mm)
1	13.7	3.24	2.86	12.4			0.38
2	14.2	3.52	3.12	12.9			0.40
3	12.8	3.67	3.26	11.7			0.41
4	12.8	3.57	3.05	11.4			0.52
5	13.7	2.76	2.43	11.4			0.33
6	12.8	4.58	4.18	11.9			0.40
7	12.8	4.05	3.28	10.8	3.76	12.1	0.29
8	12.8	3.24	3.06	12.3			0.18
9	14.2	4.21	3.54	12.1	3.94	13.5	0.27
10	14.2	4.36	3.62	12.3	4.14	13.6	0.22
11	11.0	3.10					
12	14.7	4.14	3.38	12.5	3.96	14.2	0.18
13	15.1	3.62	2.85	12.5	3.52	14.7	0.10
14	14.2	4.20	3.72	12.9	4.03	13.8	0.17
15	12.4	3.38	2.78	10.7	3.24	12.0	0.14
16	11.9	3.43					
17	13.7	4.00	3.42	12.2			0.58
18	13.3	2.68	2.33	11.9			0.35
19	13.3	4.24	3.36	11.2			0.88
20	14.7	3.74	3.10	12.7	3.62	14.3	0.12

c. Sample caught on May 8th, 1960.

Individual number	L (cm)	V (mm)	v_1 (mm)	l_1 (cm)	d (mm)
1	12.5	3.16	3.10	12.3	0.06
2	12.0	3.50	3.44	11.9	0.06
3	12.0	4.48	4.56	12.0	0.02
4	11.7	4.00	3.90	11.5	0.10
5	11.0	4.00	3.91	10.8	0.09
6	11.5	3.24	3.14	11.2	0.10
7		2.83	2.74		0.09
8		2.92	2.83		0.09
9		2.64	2.54		0.10
10		3.78	3.68		0.10
11		2.92	2.83		0.09
12		4.05	4.00		0.05
13		2.92	2.83		0.09
14		2.54	2.50		0.04
15		2.54	2.46		0.08
16		3.00	2.91		0.09
17		3.86	3.82		0.04
18		3.54	3.46		0.08
19		2.84	2.78		0.06
20		2.41	2.36		0.05

Body length of individuals from 7 to 20 is not measured, but it falls between 11 to 13 cm.

d. Sample caught on June 23rd, 1960.

Individual number	L (cm)	V (mm)	v_1 (mm)	l_1 (cm)	v_2 (mm)	l_2 (cm)	v_3 (mm)	l_3 (cm)	d (mm)
1	13.0	4.20	3.79	11.8	3.98	12.8			0.22
2	15.0	5.00	3.24	10.5	4.44	13.6	4.78	14.4	0.22
3	15.0	4.91	3.24	10.9	4.38	13.7	4.72	14.5	0.19
4	15.8	4.15	2.28	10.0	3.48	13.7	3.95	15.2	0.20
5	15.0	4.97	3.16	10.6	4.49	13.8	4.81	14.6	0.16
6	13.5	4.02	3.48	12.1	3.80	12.9			0.22
7	12.5	3.62	3.34	11.0					0.28
8	14.6	4.20	3.01	11.3	3.91	13.8			0.29
9	14.5	4.10	3.56	12.1	3.92	13.5			0.18
10	12.1	3.14	3.04	11.8					0.10

of fish having either r_1, r_2, r_3 at the outermost ring, l_1 tends to become smaller with increase in the number of the ring (Fig. 4). This is apparently attributed to the LEE's phenomenon (1912).

Some of the specimens showed scales in which marginal increment width (d) was less than 0.1 m.m. (Plate I, C–1). They are supposed to have been caught immediately after the formation of the distinct ring on the scales. According to the rate of frequency at which these sardines occurred in the different months (Table 4), the samples in May all belonged to that group, while very few samples in the other months were found with those rings. As the fish with r_1 have been made available more plantifully than the other samples, changes in frequency distribution of d in the various months have been examined for this group of the sardine (Fig. 5). In Fig. 5, d increases from its minimum in May with the progress of the month. Results of similar examination made for samples with r_2 and r_3 are given in Table 5, though scarcity of the samples has made it difficult to see a trend in the frequency distribution of d through the months. A possible interpretation of these findings is that the distinct ring under report is formed once a year during the months after December and before May. Here one may cite HORNELL and NAYUDU (1924) who reported that *Sardinella longiceps* CUV. & VAL. in the Indian waters form the annual ring prior to May. Based on the above evidences the author has recognized, for the time being, the distinct ring as an annulus (Plate I, A–0 to A–3).

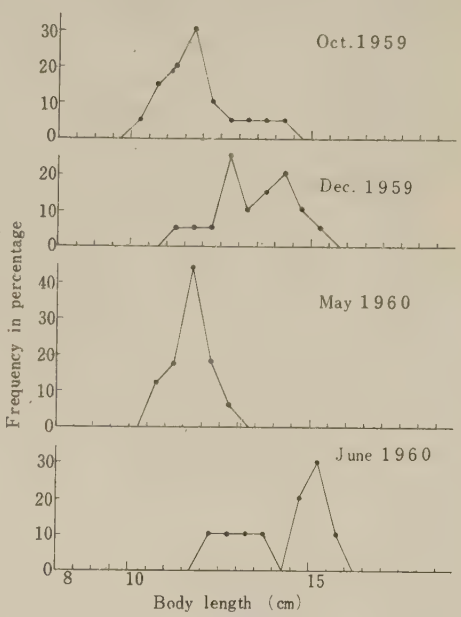


Fig. 2. Body length composition of the sardine samples.

Table 3. Composition of body lengths calculated for the time of formation of each scale ring.

Body length intervals (cm)			8.0— 8.5	8.5— 9.0	9.0— 9.5	9.5—10.0	10.0—10.5	10.5—11.0	11.0—11.5	11.5—12.0	12.0—12.5	12.5—13.0	13.0—13.5	13.5—14.0	14.0—14.5	14.5—15.0	15.0—15.5	15.5—16.0	Total
l_1	Total			1	2	5	2	10	10	8	9	5							52
	October 1959	Subtotal		1	2	5	1	4	4	2									19
		Distinct				3	1	3	3	2									12
		Less distinct		1	2	2		1	1										7
	December 1959	Subtotal						2	3	2	5	5							17
		Distinct						1	3	1	5	5							15
		Less distinct						1		1									2
	May 1960	Subtotal						1	1	2	2								6
		Distinct						1		2									3
		Less distinct							1		2								3
	June 1960	Subtotal					1	3	2	2	2								10
		Distinct					1	3	1	1	1								7
		Less distinct							1	1	1								3
l_2	Total										3	4	9	2	1				19
	October 1959	Less distinct									1								1
	December 1959	Subtotal									2		3	2	1				8
		Distinct											3	2	1				6
		Less distinct									2								2
	June 1960	Subtotal										4	6						10
		Distinct										2	2						4
		Less distinct										2	4						6
l_3	June 1960	Distinct														1	2	1	4

Notations l_1, l_2 and l_3 are body lengths calculated for the time when the first, second or the third ring was formed on the scale, respectively.

Occasionally, however, there occurred exceptional individuals among the samples. Some of them had scales with distinct rings, while some with very indistinct rings or no rings at all. All of them had the calculated body length either larger or smaller than the normal range. The typical specimens, which had distinct rings on the scale and fell within the ordinary range of calculated body length, occurred at 30 per cent in October, 12 per cent in December, and 100 per cent in May and June. Individuals caught in October comprised, besides the typical specimen enumerated above, a few having indistinct scale rings (Plate I, C–3), and those which had distinct rings while their calculated body length being smaller than the normal range (Plate I, C–2). The latter group, which occurred at 35 per cent as shown enclosed with

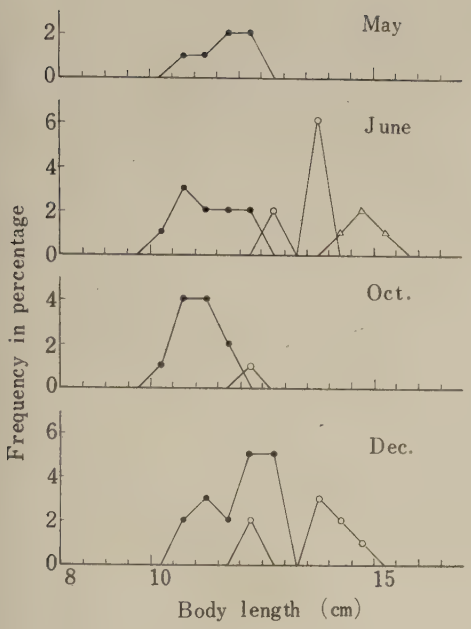


Fig. 3. Frequency of calculated body lengths of fish with typical scales.

—•— Length of individuals with one scale ring
—○— Length of individuals with two scale rings
—△— Length of individuals with three scale rings

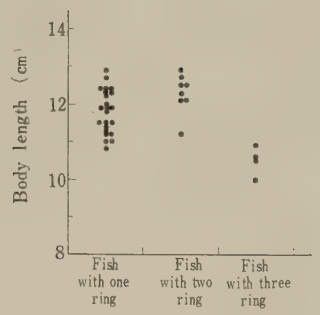


Fig. 4. Frequency of body length calculated for the time of formation of the first scale ring in sardines with different numbers of ring.

Table 4. Number of individuals with a new scale ring* by month.

Month	Number of individual	Number of fish with new ring	Percentage
May	20	20	100
June	10	1	10
October	20	0	0
December	20	3	15

* A scale ring with marginal increment width measuring less than 0.15 mm. is regarded as a newly formed one.

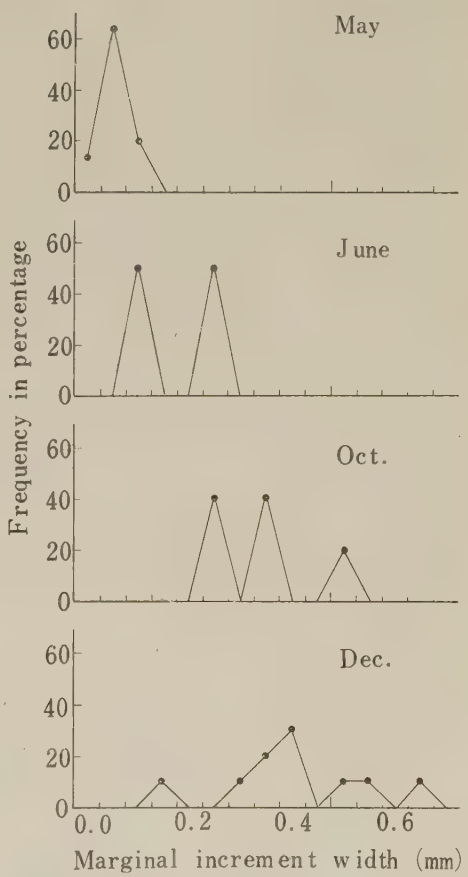


Fig. 5. Change in marginal increment width on the scales by season.

Table 5. Frequency distribution of marginal increment widths* of scale among sardine samples.

Width interval	Fish with one scale ring								Fish with two scale rings						Fish with three scale rings	
	May		June		Oct.		Dec.		June		Oct.		Dec.		June	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
<0.05	3	15														
0.05~0.10	13	65														
0.10~0.15	4	20	1	50									3	43		
0.15~0.20							1	10	1	25			2	29	2	50
0.20~0.25									2	50	1	100	1	14	2	50
0.25~0.30			1	50	2	40			1	25			1	14		
0.30~0.35							1	10								
0.35~0.40					2	40	2	20								
0.40~0.45							3	30								
0.45~0.50																
0.50~0.55					1	20	1	10								
0.55~0.60							1	10								
>0.60							1	10								
Total	20		2		5		10		4		1		7		4	

* Distance between the outermost ring and the tip of scale.

parentheses in Table 2-a, must have been either brought to life later than the normal spawning season, or in difficulty in the first year of their growth. As seen in the above description, some individuals of *Sardinella jussieu* (Lacépede) in the Gulf of Suez would sometimes present abnormal scale rings that make the age determination difficult if not so much as the sardine in the Adriatic Sea reported by Muzinic (1959).

These characteristics of scale rings observed with *S. jussieu* (Lacép.) were nearly identical to those of *S. eba* (Cuv. & Val.), which were caught off the estuary of the Nile in June and July 1959 and measured 10 to 13 cm. in the body length. In case of *S. longiceps* Cuv. & Val. that occurred in the Indian waters, about one half of the samples presented no year rings at all (Hornell and Nayudu, 1924).

ii) **Factors participating in the scale ring formation**

For the months when the present samples were obtained, no data were made available for water temperatures at the fishing grounds in the Gulf of Suez. However, the charts of isothermal distribution prepared by Schott (1935) and those by U.S. Department of Commerce (1959) show seasonal changes in the surface temperature for the average years either in the vicinity of the southern limit of the Gulf of Suez, or in the Mediterranean Sea adjacent to the Suez area, respectively. According to these charts, the surface temperature stands the lowest at about 20°C. in February, the highest at 27°C. in August in the south of the Gulf; 17°C. in February and

27°C. in August in the Mediterranean coast (Fig. 6). The geographical position of the fishing ground under study, falling just between those two localities, makes it reasonable to assume that the surface temperature at this place is nearly the same as that of its neighbourhood—17° to 20°C. in February and about 27°C. in August.

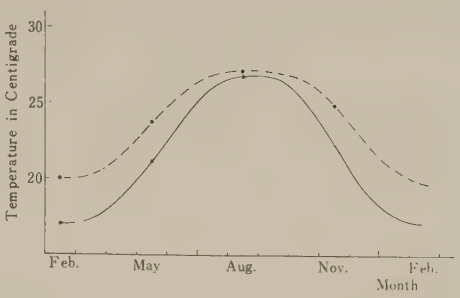


Fig. 6. Seasonal changes of the surface temperature in the fishing grounds.
---•--- At the southern limit of the Gulf of Suez
—•— Off the estuary of the Nile river

In the foregoing section, it has been interpreted that *S. jussieu* (LACÉP.) in the Suez area forms the distinct scale ring acceptable as an annulus during the months from December to April. Therefore, the time of the ring formation nearly coincides with the month when the water temperature is at the lowest level. The ring may be called the winter ring. From the growth rate to be discussed later it is inferable that 0-age fish of the Suez sardine measure 6 cm. in body length and that they are mainly spawned in winter and spring.

From the above inferences, one may propose two possibilities that may participate in the winter ring formation of the Suez sardine. Absence of more ditailed knowledge, however, makes it difficult to draw a conclusion as to which one of the factors is more responsible than the other for the phenomenon: direct influence of low water temperature in the winter or physiological changes related to metabolism that takes place in association with the sexual maturation in the spawning season.

In this connection one may refer to the sardine, *Sardina pilchardus* (WALB.), occurring in the Adriatic Sea. According to the charts by the U.S. Department of Commerce (1959), the surface temperature in the neighborhood of sardine fishing grounds in the Sea normally changes from season to season, being high (24 to 25°C.) in summer and low (8 to 13°C.) in winter. If the thermal change participates in forming the scale annulus of fish, the Adriatic sardine should have formed winter rings. However, when MUZINIC (1959 and her personal correspondence to Mr. NAKAI) dealt with specimens of the Adriatic sardine, 16.5 to 18.2 cm. in total length, sampled in May, June, August and October of either 1957 or 1958, she found it difficult, as cited before, to use their scale for age determination of the sardine in that part of the sea. Therefore, all these questions remain to be solved in the future on the basis of more extensive studies.

iii) **Growth**

In order to know a trend that the Suez sardine may follows in their development, the body length has been plotted for each sampling month and age of the

fish estimated from the scale ring (Fig. 7). The data used for this aim were obtained only from those individuals which had the distinct scale ring accepted as a typical

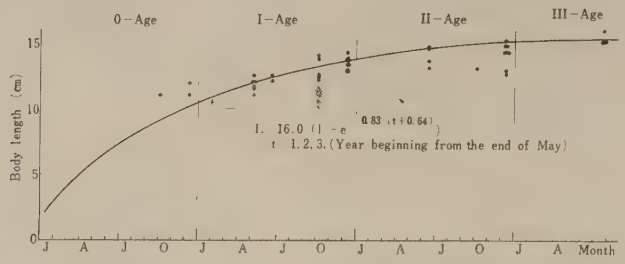


Fig. 7. Growth curve of Sueze sardine.

annulus with the calculated body length falling in the common range. On an average growth curve tentatively drawn through the plotted points, the body length in May in the first, second, and the third year of life reads 12.2, 14.1, and 15.2 cm., respectively. As these values fall on a line when applied to the finite difference diagram proposed by Walford (1946), they approximately sastify Bertalanffy's (1950) equation:

$$L = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

where L = body length,

L_∞ = maximum body length,

k = coefficient of growth,

t = year beginning from the end of May,

$t_0 = t$ when $L = 0$.

The parameters of the growth curve have been calculated as:

$t_0 = -0.64$,

$L_\infty = 16.0$ cm.,

$k = 0.83$.

The growth curve shown in Fig. 7 has been drawn on the basis of these values.

iv) **Age Composition**

In Table 6 the age composition of each sample is indicated according to the age determination carried out for the present samples. Here one may recall the foregoing description that a few individuals among the October sample had one distinct ring for the smaller body length. In the tabulation they have been regarded as II age fish.

From Table 5 it is evident that purse seine catches of the Suez sardine, ranging from 0- to IV-age individuals, are constituted of relatively young fish as for as the present data are concerned. Among them the dominant is I-age fish.

Table 6. Age composition in percentage of the Suez sardine by sample.

Date of sampling	Age of fish				Number of individuals
	0	I	II	III	
October 1959	5	90	5	0	20
December 1959	10	50	40	0	20
May 1960	0	100	0	0	20
June 1960	0	20	40	40	10

Additional Remarks

At the recent inception of fishery biological investigations for the sardine in the Gulf of Suez, it was not possible to set up a satisfactory program for the work. Particularly no substantial efforts have been paid for surveying such conditions as pertinent to spawning, migration and environments of the fish, though these items of information are necessary to confirm any conclusion that should be drawn upon adequate and sufficient sampling in regard to the age determination and growth of fish. The reader is, therefore, requested to understand that the present account has been prepared under those handicaps as a preliminary approach to these problems.

References

Bertalanffy, L. Von., 1950: The theory of open systems in physics and biology, *Science*, **3** (23). Quoted from Beverton, R.J.H. (1954), Notes on the use of theoretical models in the study of the dynamics of exploited fish populations. U.S. Fishery Laboratory, Beaufort, North Carolina.

Hornell, J. and M.R. Nayudu 1924: A contribution to the life-history of the Indian Sardine with notes on the plankton of the Malabar coast. *Madras Fish. Bull.* **17**, 129–197.

Lee, R.M., 1912: A review of the methods of age and growth determination in fish by means of scales. *Fish. Invest. Minis. Agr. Fish., Ser. II*, 4(2), 1–32.

———— 1920: An investigation into the methods of growth determination in fishes. *Publications de Circonstance* **63**, 1–35.

Muzunic, R., 1959: On the rings on sardine scales. *Proc. Gen. Fish. Coun. Medit.*, 341–350.

Schott, G., 1935: Geographic des indischen und stillen ozeans. Verlag von C. Boysen, Hamburg, Tafl XX–XXIII.

U.S. Department of Commerce, 1959: Climatological and oceanographic atlas for mariners. **1**, North Atlantic Ocean, Chart Nos. 171–174.

Walford, L., 1946: A new graphic method of describing the growth of animale. *Biol. Bull.* **90**(2), 141–147.

Plate 1. Typical scales of sardines.

A : *Sardinella jussieui* (LACÉPÈDE)

A-0 : B.L. 11.0 cm.; Catch date, October 6th 1959.

A-1 : 〃 12.4 cm.; 〃 ; 〃 .

A-2 : 〃 14.2 cm.; 〃 , December 13th 1959.

A-3 : 〃 15.0 cm.; 〃 , June 23rd 1960,

B : *Sardinella eba* (CUV. & VAL.)

B-0 : B.L. 10.7 cm.; Catch date, July 13th 1960.

B-1 : 〃 11.0 cm.; 〃 , 〃 .

B-2 : 〃 12.2 cm.; 〃 , June 17th 1960.

B-3 : 〃 13.0 cm.; 〃 , 〃 .

C : *Sardinella jussieui* (LACÉPÈDE)

C-1 : New ring just formed in margine; Catch date, May 8th 1960.

C-2 & C-3 : Exceptional case; Catch date, October 6th 1959.

C-2 : Distinct ring

C-3 : Less distinct ring

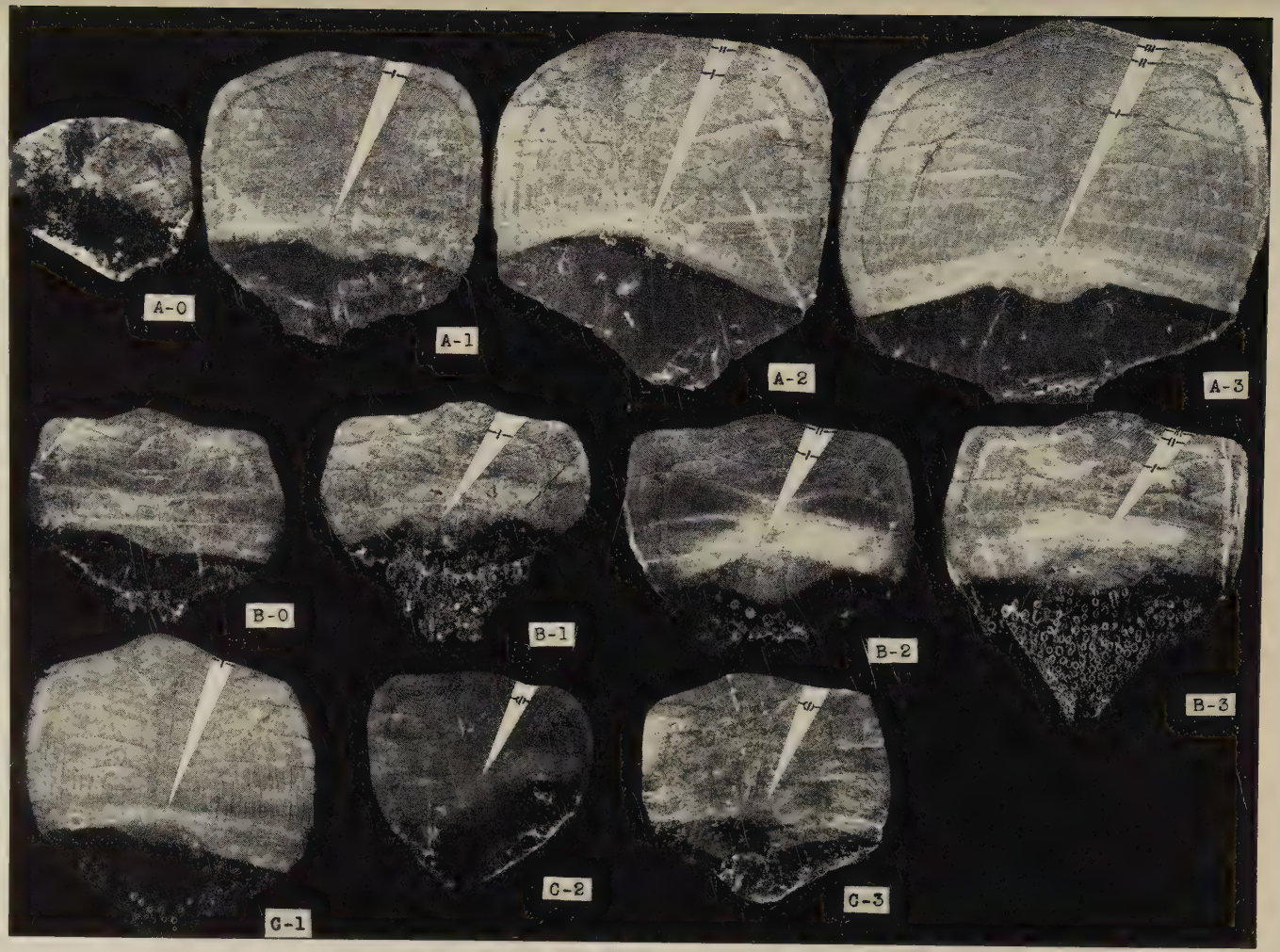


Plate 1

Fishery Biology of the Japanese Anchovy *Engraulis japonica* (Houttuyn)*

Shigeichi Hayashi

CONTENTS

Introduction 145
Chapter 1. Relationships and distribution 149
Chapter 2. Outline of fisheries 151
Section 2–1. History of landings 151
Section 2–2. Prospectus of recent catch statistics 161
Chapter 3. Space-time variation of meristic characters 174
Section 3–1. Historical review 175
Section 3–2. Materials and methods 177
Section 3–3. Number of vertebrae 187
Section 3–4. Number of dorsal fin rays 199
Section 3–5. Number of anal fin rays 206
Section 3–6. Discussion and conclusions 213
Chapter 4. Determination of age and growth 218
Section 4–1. Historical review 219
Section 4–2. Materials and methods 221
Section 4–3. Analyses of length frequency and vertebral counts 223
Section 4–4. Discussion and conclusions 240
Chapter 5. Comments on the management and investigations of the fisheries of the Japanese anchovy 244
Acknowledgements 259
Summary 259
References 262
Japanese synopsis 267

Introduction

The Japanese anchovy, *Engraulis japonica* (Houttuyn), has been exploited everywhere along the coast of Japan. The catch of this small fish has been on a steady increase since the 1940's, attaining about nine percent of the total fish landings for the recent five years from 1955 to 1959. In addition to its importance as the object of various fisheries, the anchovy is of great consequence in the production of the ocean as a major source of food for other important fishes. Notwithstanding this

* Received May 26, 1961. Contribution A No. 151 from the Tôkai Regional Fisheries Research Laboratory.

importance, the life history of the anchovy has not been investigated thoroughly enough to promote advances in the study of population dynamics.

Since the Cooperative *Iwashi* Resources Investigations (renamed the Cooperative Investigations on the Important Neritic-Pelagic Fisheries Resources in 1955) started in 1949, the biological data of the fish, including the amount and compositions of the commercial catch, the numbers of eggs and larvae in the sea, and the environmental conditions, have been collected through systematic as well as occasional surveys. To contribute to the biology of this species, the author has analyzed these data taken mostly from the Pacific coast of Honshû.

The major emphasis of the present study has been put on the fluctuations in the catch, the variations of meristic characters as a means to identify the space-time groups, and the validity of methods of age determination. Finally, comments based on all this information are given on the management and investigations of the anchovy fisheries with the main stress on those in the Pacific waters around Honshû.

In the waters adjacent to Japan, two species of Stolephorinae other than *Engraulis japonica* are reported to have occurred (pp. 149, 150). But these two species are not as closely related to the "true anchovy", *E. encrasicholus* of Europe, as is *E. japonica*. Furthermore, *E. japonica* is the most wide-spread and important member of the subfamily in Japan. For these reasons, the English name, "Japanese anchovy" or simply "anchovy", is used to denote only *E. japonica*. "*Katakuchi-iwashi*" is the Japanese standard name of this species.

In description of the fisheries two commercial names, "*iwashi*" and "*shirasu*", are used. *Iwashi* refers to three species of clupeoids: the sardine, *Sardinops melanosticta* (Temminck & Schlegel), and the round herring, *Etrumeus micropus* (Temminck & Schlegel) in addition to the anchovy. *Shirasu* consists of postlarvae of diverse kinds of fishes including the *iwashi*. This is comparable to "white bait" in an English vernacular name. Recently postlarval anchovy has comprised the major portion of the commercial catch of *shirasu*.

Two systems are used to divide the coast of Japan, one by the Fisheries Agency and the other by the Statistics and Survey Divison of Ministry of Agriculture and Forestry. They are identical to each other except for the names and subdivision of the regions (Fig. 1). An area comprising Tôhoku and Tôkai Regions (North and Middle Pacific Regions) is written simply as the Pacific coast of Honshû in this report for brevity of description. The coast, extending from Tappi Misaki (cape) of Aomori Prefecture to the southern tip of Mie Prefecture, is divided into four anchovy areas. They are: North Area covering Aomori, Iwate and Miyagi Prefectures, East Area from Fukushima to Chiba Prefectures, Central Area including Kanagawa and Shizuoka Prefectures, and West Area consisting of Aichi and Mie Prefectures. Fisheries of *shirasu* are concentrated in the waters extending between central part of Shizuoka Prefecture (Suruga Bay) and northwestern part of Mie Prefecture (Ise

Bay). For this reason Shizuoka Prefecture is included to the West Area instead of the Central Area as far as the *shirasu* is concerned.

Various terms pertaining to the structure of fish population appear in different literature. Marr (1957, p. 1) and Ishigaki *et al.* (1959, pp. 27, 28) gave definitions for some of these terms. Among the terminologies, Marr's definition of "population" is retained in this paper. Namely,

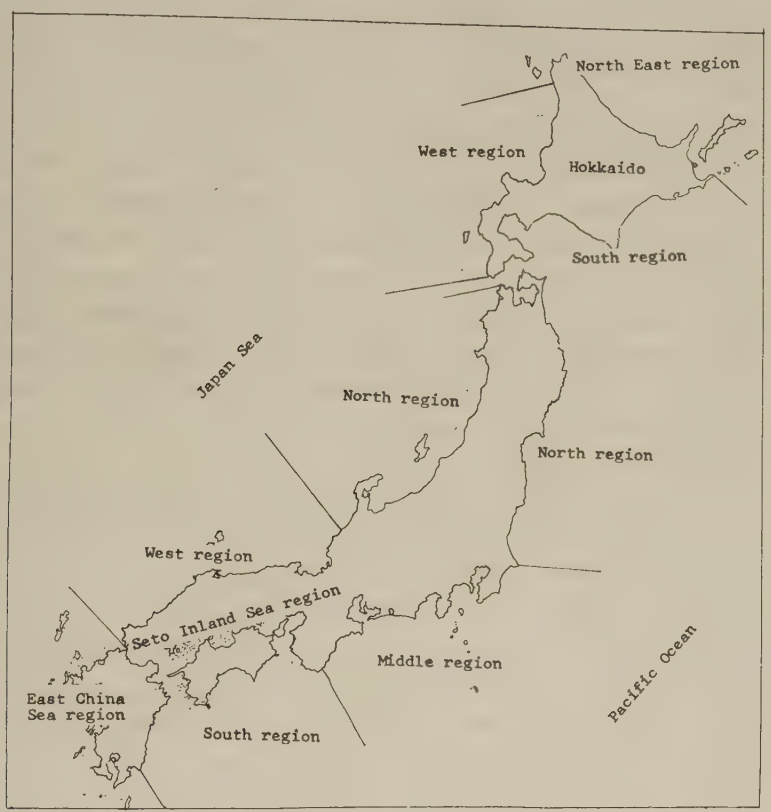


Fig. 1. Division of the coast of Japan by Statistics and Survey Division, MAF. Division by Fisheries Agency is compared to that by Statistics and Survey Division as follows:

Fisheries Agency	Statistics and Survey Divistion
Hokkaidô Region	North-East, South and West Regions of Hokkaidô
Tôhoku Region	North Pacific Region
Tôkai Region	Middle Pacific Region
Nankai Region	South Pacific Region
Japan Sea Region	North and West Regions of Japan Sea
Seikai Region	East China Sea Region
Naikai Region	Seto Inland Sea Region

"A population of fish includes all individuals of a given species when there are no subspecies or, if there are subspecies, when their distributions are not discrete. It includes only all individuals of a subspecies when the distributions of the subspecies are discrete. Obviously, there is gene flow,or opportunity for such, throughout a population".

In absence of any practical method, genetically self-sustained fraction of the anchovy population is not segregated in this study. On the other hand, the wide seasonal range of spawning activity makes it more important to distinguish groups of the fish spawned in different seasons of a year. Therefore, the following two terms based on catch statistics, egg census and meristic characters are defined in this report:

Stock: A stock is a fraction of a population exploited by a particular type of fishery in a general fishing ground of continuous extent.

Space-time group: A space-time group is a fraction of a population that is spawned in a particular area during a particular season of the year. In the present study, the space segregation is based on the egg census and oceanographic conditions as well as the regional distribution of landings, and the seasonal segregation, on the meristic characters in addition to the seasonal fluctuation in spawning and *shirasu* catch. Because the spawning activities continue to some extent spacially and seasonally if the amount is disregarded, a space-time group is referred to a group of fish spawned to such an extent as in the West Pacific Area of Honshû during spring months. One or more space-time groups comprise one stock, and a space-time group may be exploited in one or more localities (or as one or more stocks) on the route of migration.

In addition a term, local group, is used for a fraction of a population regarded to consist of fish inhabiting a locality such as the Pacific waters along Honshû. This may usually not be proved by direct method, however.

Finally, standards are shown for measurement of length, count of vertebrae, and statement of age. Biologists engaging in the Cooperative Investigations have defined the body length as the distance from the anterior tip of snout to the posterior end of silvery part exposed on the caudal peduncle when the scales are removed. In the Investigations, length of fish larger than 3.5 cm in body length has been expressed by this definition. Total length (from the anterior tip of snout to the posterior end of caudal fin) is measured in postlarvae less than 3.5 cm in body length, on which the caudal silvery area is not developed.

The vertebral count is defined as the total number of segments between the atlas and the urostyle, inclusively. Even though two spines may occur dorsally and/or ventrally on a centrum, or both or either one of spines on a centrum is extremely short, the vertebra is counted as a single element (p. 185).

Generally speaking, age of the anchovy is written in a capital Roman numeral that corresponds to the number of annuli on the scale when the fish is caught in a season extending between spring and autumn. The age of fish landed in early months of every calendar year is stated by the number of annuli that had formed in the preceding winters plus one corresponding to a new annulus that formed or would form. A degree sign associated with the numeral, *e.g.* I°, II° etc, indicates that the new annulus is not yet visible on the scale. Some fish are found with the new an-

nulus in late autumn and early winter before the end of the year. The age of these is shown by a plus sign (indicating that an annulus has newly formed) associated with the numeral that indicates the number of annuli which had formed in the previous winters, *e.g.* 0^+, I^+ etc.

For brevity, names of agencies are often abbreviated as follows:

MAC ··· Ministry of Agriculture and Commerce,
MAF ··· Ministry of Agriculture and Forestry,
PFES ··· Prefectural Fisheries Experimental Station(s),
RFRL ··· Regional Fisheries Research Laboratory(ies).

Chapter 1. Relationships and distribution

Relationships.

The fishes of the genus *Engraulis* is widely distributed throughout the temperate zones of the world except for the Atlantic coast of North America. The eight species and their distributions are: *E. encrasicholus* (Linnaeus) on the Atlantic coast of Europe and in the Mediterranean Sea; *E. capensis* Gilchrist off South Africa; *E. japonica* (Houttuyn) in the northwestern Pacific; *E. australis* (White) in the Australian waters; *E. mordax* Girard, *E. clarkii* Hildebrand, and *E. ringens* Jenyns on the Pacific coasts of North, Central and South America, respectively; and *E. anchoita* Hubbs & Marini on the Atlantic coast of South America (*fidé* Blackburn 1950 a, p. 4). The fishes of the related genus *Anchoa* occurs along the Atlantic coast of North America and has been of moderate importance in local fisheries, especially the species, *A. hepsetus* Linnaeus (Hildebrand 1943, p. 4).

In addition to *E. japonica*, some species of this genus have supported fisheries at various significance within the area in which they occur: *E. encrasicholus* in Europe (Fage 1911 and 1920); *E. mordax* in California (McHugh 1951, p. 123, Clark and Phillips 1952, pp. 191, 192); and *E. australis* in Port Phillip Bay, Australia (Blackburn 1950 a, p. 6). The catch of *E. ringens* in Peru has grown recently almost explosive rate (Anonymous 1959). Species of *Engraulis* are less abundant in warmer waters, and are replaced in the commercial fisheries in tropical areas by other genera of Stolephorinae, such as *Stolephorus purpureus* (Fowler) in Hawaii (Tester 1951, p. 321) and *Cetengraulis mysticetus* (Günther) in Central America (Alverson and Shimada 1957).

In the temperate zone of the Far East, three other genera of Stolephorinae, *Stolephorus*, *Thrissa* and *Setipinna*, are know to occur in addition to the genus *Engraulis*. Among the ten species comprising the former three genera, *Thrissa koreana* (Kishinouye), *T. purava* (Bcuhanan-Hamilton) and *Setipinna taty* (Cuvier & Valenciennes) are known to have been commonly found in the waters along southwestern coast of Korea (Yoshida 1938, p. 273)*, and catch of fishes of Stolephorinae except the

* Although Yoshida (1938) wrote *Engraulis japonicus* Temminck & Schlegel, *Stolephorus koreanus* (Kishinouye), *Thrissa purava* (Hamilton) and *Setipinna gilberti* Jordan & Starks instead of *Engraulis japonica*, *Thrissa koreana*, *T. purava* and *Setipinna taty*, respectively, the latter group of the scientific names cited by Matsubara (1955) are used in this report.

anchovy averaged about 2,000 tons per year or five percent of the anchovy catch in that region according to the statistics at hand for 12 years between 1930 and 1941 (Chôsen Sôtoku-fu 1937–43). Kamohara (1952, 1958) and Herre (1953) reported the occurrence of *Stolephorus indicus* Van Hasselt in southern Japan*. Hayashi and Tadokoro (ms) have stated *S. zollingeri* Bleeker taken in the waters around Kii Peninsula and Hyûga Nada in Nankai Region. According to them the species appears as north as Enshû Nada (Central Pacific Area of Honshû) and western part of the Seto Inland Sea. It is suggested from investigation of the literature that *S. zollingeri* has been commercially exploited in the waters around southern Japan such as Amami Ôshima.

Distribution.

It was reported that the anchovy had been commercially exploited in most of the coastal waters around Japan, excluding the Amami Ôshima and southward (Agriculture Bureau 1891–93). According to Kishinouye (1908, p. 110), who conducted the first significant scientific research on the clupeoids in Japan, the range of the species includes Japan, Korea, China and southern Sakhaline, but does not extend as far south as the Izu Islands and Amami Ôshima. Although Herre (1953, pp. 81, 82) included Formosa in the range of the anchovy in addition to Japan, Korea and China, he seems to have been suspecious about the natural occurrence of this species in such warm waters. Recently, Shen (1959, p. 26) reported that this species was collected at several places in Formosa. Examination of the published information indicates that this species is actually widely distributed in the temperate zone of the Far East, extending from the southern Sakhaline to Formosa, but the fisheries have been concentrated in the waters around Japan and Korea.

In Japan, the fishing grounds of this species are found in the entire coastal waters, excluding Bonin Islands and Ryûkyû. Though no precise record was available for the Amami Ôshima, the species may occur there rarely. The anchovy has been more abundant in the Pacific waters and the Seto Inland Sea than in the other waters according to the records for the last half century (p. 158).

Korea has been the second most prolific area of this species. The catch statistics indicate that the landings of the anchovy in this area averaged about 35,000 tons annually (Chôsen Sôtoku-fu 1937-43) or about a half of those in Japan for 12 years during 1930 through 1941.

According to fragmental records, the anchovy catches in southern Sakhaline and Formosa were small (Table 1). No statistics were available for the anchovy catch on the Chinese coast.

The spawning grounds of anchovy have been determined through the systematic plankton net collection conducted since 1949 as shown in the progress reports of the

* Although Kamohara (1952, 1958) used the generic name, *Anchoviella* instead of *Stolephorus* for *S. indicus*, the present author adopts the latter according to Matsubara (1955).

Cooperative Investigations (Nakai *et al.* 1955, pp. 38–45, Yokota and Asami 1956, pp. 71–73, Yamanaka and Itô 1957, pp. 91–100). According to the studies, the species actually spawn in wide extent of waters between Hokkaidô and Kyûshû, from inlets to the high sea around 1,000 nautical miles from the coast. The spawning activities are distributed more abundantly over the Middle and South Pacific Regions, and around the edge of continental shelf than in any other parts of the sea. The spawning season lasts throughout a year. But the heaviest spawning activities occur during winter and early spring in the southern areas around Kyûshû, or in spring (and in autumn) in the central waters such as the Middle Pacific Region. In the northern areas including North Regions of the Pacific and Japan Sea as well as Hokkaidô, the eggs and larvae appear in early summer. Examination of catch statistics of *shirasu* (pp. 171, 172) and reproductive organs (Nakai and Usami 1953, Asami 1953, Ôtsuka *et al.* 1953, Makita 1954, Yasumura *et al.* 1956, Watanabe 1956) also indicate almost the same pattern of above areal and temporal distributions of spawning activity. Within a region, however, the spawning usually proceeds with progress of time from the outer coastal waters to the bays and inlets.

Table 1. Landings of the anchovy in the areas other than Japan and Korea

Area	Year	Amount of catch	Ratio to the catch in Japan	Source of data	Remarks
		tons	%		
Southern Sakhalin	1932	262	0.4	Takayama and Sakai (1932, p. 314)	
Formosa	1932	5,491	9.2	Takayama and Sakai (1932, p. 315)	
Formosa	1957	5,500	1.2	Shen (1959, p. 1)	Includes 13 other species

Chapter 2. Outline of fisheries

Records of diverse reliability are available for the anchovy catch since 1905. The series of data is used to review the fluctuation in the anchovy catch on the entire coast of Japan. Regional distribution of the catch in the later part of the 19th century is surmised on the basis of a survey conducted during 1888 through 1892. The change in regional distribution of catch is described with above series of catch records for the years since 1905, excluding 1926–31 and 1933–48. A more extensive survey system was established in 1953. The data for five years ending in 1957 are employed to prospect recent fisheries of the anchovy.

Section 2–1. History of landings

It is known from examination of shell mounds that *iwashi*, mainly inhabiting the continental shelf, had been exploited by some kinds of nets in prehistoric times (Kishinouye 1911). According to historical documents and literary works, commercial fisheries exploited these species as early as the 10th century, and many kinds of gear

inclusive of drift net, beach seine and lift net were used by fishermen in several localities in Japan since the 16th century. In and after the 17th century it was recorded that fluctuations in *iwashi* catch had been so remarkable as to have caused periods of prosperity and periods of collapse in some fishing villages (Tagawa 1903, Kishinouye 1908, Fukuyo 1947, Yamaguchi 1947, Uda 1952, Yokota 1953, Nakai 1959). Though the anchovy undoubtedly comprised a part of the ancient *iwashi* catch, it probably was not as important as the sardine for the most fisheries along the coast of Japan. Therefore, no description can be given on the fluctuation in anchovy catch during these years.

Between 1888 and 1892 the Agriculture Bureau, Department of Agriculture and Commerce (renamed Ministry of Agriculture and Forestry in 1925) carried out the first nation-wide investigation of the fisheries in Japan (1891–93). Information was gathered on the vernacular names, fishing seasons, fishing methods, trends in the annual catch, and other biological remarks of the major species in each area through interview of fishermen, but no catch statistics were recorded.

In 1894 the Statistics and Survey Division, MAC, commenced to publish the "*Nôshômu Tôkei*" (renamed the "*Nôrin Tôkei*" in 1925) or Statistical Year Book. Records of the anchovy catch were given by prefecture in the annual report for ten years from 1905 to 1914.

The catch statistics for 35 years since 1915 were divided into two parts, coastal and off-shore catches. The coastal catch of *iwashi* up to 1921 was segregated into the anchovy and sardine, and that for four years from 1922 to 1925, to three species including the round herring. On the other hand the off-shore *iwashi* catch was recorded only under the general name, and the total anchovy catch was estimated on the assumption that species composition of *iwashi* catch in a prefecture was the same between coast and off-shore.

All catches of these species were combined altogether under the general name for the following 25 years ending in 1950. In three years, 1932, 1949 and 1950, the species composition of *iwashi* catch was surveyed for the most areas of Japan by the fisheries research institutions (Takayama and Sakai 1936, Tôkai Regional Fisheries Research Laboratory ms a and b, Sardine Resources Division, Tôkai RFRL, 1950, 1951). For this deficiency of statistics in the 25 years since 1926 it is difficult to follow even the general trend of the anchovy catch. Only information to surmise the trend is the estimate of the annual catch of anchovy as well as sardine by Kurita and Tanaka (1956) based on the records of *iwashi* catch and the dried fish products for 1915 through 1950 and the catch record by species for 1915 through 1925 shown in the *Nôrin Tôkei* and species composition of the catch in 1932, 1949 and 1950 reported by the research institutions. Eeven though not highly reliable for any detailed discussion, the estimates are regarded to be useful in surmising the general fluctuation in the total anchovy catch during 1926 through 1950 (*loc. cit.*

pp. 346, 347) if the figure of catch in 1941 be adjusted as pointed out by Nakai (1959 Table II). However, no description is able to be given on regional catch in those periods except the three years.

The catch statistics by the fisheries research institutions for 1932, 1949 and 1950 have shortcomings in that the surveys did not cover several prefectures and in that total catch of the three species in some prefectures did not agree with the *iwashi* catch shown in the *Nôrin Tôkei*. For the sake of work, the numerals reported by the institutions were used without any adjustment in describing the prefectural catch. In examining the regional catch, however, the anchovy landings in the unsurveyed prefectures were sorted from *iwashi* catch in the *Nôrin Tôkei* on the analogy of the species composition in the neighbouring prefectures. All *iwashi* landings in the Seto Inland Sea during 1949 and 1950 were considered to have been the anchovy, because the species has comprised the major portion of *iwashi* catch in the sea during the succeeding years (Statistics and Survey Division, MAF, 1952-58).

In April 1951 the Statistics and Survey Division, MAF, refined the research system to fit the request from varying groups inclusive of fishery biologists engaged in the Cooperative Investigations. As the result, the catch statistics of *iwashi* have been published by species for all the landings in Japan. Data taken in the first 21 months ending in December 1952, however, were not highly reliable in detail, because of diverse troubles in the field performance. In 1953 the Statistics and Survey Division improved the survey system to suit the field works, established the classification of the gear almost conclusively, and commenced a survey of some measures of fishing efforts. Since then the data have become more reliable than before for the acquaintance of research workers in addition to the improvement of the survey system. Thus, the catch statistics of the anchovy for the past 50 years differ in reliability by survey period.

As to *shirasu*, no nation-wide research was conducted for the period before the Cooperative Investigations started. It was found through the Investigations in 1949 that the postlarval anchovy comprised the major portion of the catch of this kind, especially on the Pacific coast. In this and next years the catch records were taken for almost entire coast of Japan except the Seto Inland Sea. Statistics and Survey Division attempted to segregate *shirasu* into species for the following 21 months up to December 1952. Because the segregation was found to have been impractical, however, *shirasu* has been separated from the adult forms for the succeeding years.

In the discussion on distribution of catch, regional division for the years up to 1950 slightly differs from that shown in Fig. 1. Namely, western coast of Aomori Prefecture is included to the North Pacific Region, northern coast of Wakayama, Tokushima, Ehime and Ôita Prefectures, to the South Pacific Region, eastern coast of Fukuoka Prefecture, to the East China Sea Region, and Japan Sea coast of Hyôgo and Yamaguchi Prefectures, to the Seto Inland Sea Region. But this minor difference in regional division gives practically no influence on the conclusion so far

drawn because above areas have been less productive of the anchovy according to the recent catch statistics (Statistics and Survey Division, MAF, 1952–58)..

Total catch.

For the early 10 years under review, the anchovy catch increased year after year except 1906 and 1913. Eventually, the catch reached to 105,000 tons in 1912 or about 3.3 times as much as that in 1905. During 1913 through 1930 the annual catch fluctuated irregularly between 84,000 and 122,000 tons. The anchovy catch is regarded to have decreased remarkably in the years around 1930 when the sardine was on a tremendous increase. The survey in 1932 indicated that the anchovy landed in Japan was barely 60,000 tons. Since the later half of the 1930's the anchovy catch increased steadily, reaching 150,000 tons in 1949, in contrast to the disasterous decrease of sardine. The tremendous increase of the catch in 1951 and 1952 may be partly attributed to such changes in the survey system that a major portion of *shirasu* regarded as the anchovy was included to the catch of this species for these two years. After establishment of the survey system in 1953 the increase was remarkable; the catch exceeded 300,000 tons, surpassing the sardine catch in 1954, and approached to 400,000 ton in 1955. Although the landings dropped to 350,000 tons in 1956, the anchovy became the most abundant fish in this country for the catch of the saury, *Cololabis saira* Brevoort, that had indicated the unprecedented prosperity in the previous year, had a moderate decrease as well. In 1957 the anchovy catch attained to a record of 430,000 tons (Fig. 2).

Fig. 2. Annual landings of the anchovy (1905–57) and *shirasu* (1949, 1950 and 1953–57).

Data for 1905–25 and for 1951–57 from Statistics and Survey Division, MAF (1906–26 and 1952–58), those for 1926–31 and for 1933–48 from Kurita and Tanaka (1956), those for 1932 from Statistics and Survey Division, MAF (1933) and Takayama and Sakai (1936), those for 1949 and 1950 from Tôkai Regional Fisheries Research Laboratory (ms a and b). The figure for 1941 is corrected according to Nakai (1959).

The *shirasu* catch in 1949 and 1950 was about 17,000 tons according to the investigations that covered almost the entire coast except the Seto Inland Sea. After

establishment of the survey system the catch was on a steady increase from 20,000 tons in 1953 to 29,000 tons in 1956, until a sudden drop to 21,000 tons in 1957 (Fig. 2).

As noted above, the anchovy catch showed four periods of annual fluctuation for the past 50 years: early years of an increase up to 1912, succeeding 18 years of irregular fluctuation, the early 1930's of decrease, and the following years of increase. Of these changes in the annual catch the early increase might be caused by rapid development of fisheries. During the later three periods, the sardine catch increased remarkably up to about 1935 and then decreased disasterously (Nakai 1959). Thus, a negative correlation has been noticed between catches of anchovy and sardine. Kurita and Tanaka (1956, p. 346) reported that the catches of these two fishes in Japan fluctuated reversely to each other at a correlation coefficient of -0.39. Ishigaki *et al.* (1959, Fig. 22) suggested the reverse relations between these species in Chiba Prefecture from 1903 to 1935 and in Shimane Prefecture from 1908 to 1928. Watanabe (1956, p. 5) found similar correlations between catches of the fishes in several localities along the Japan Sea. In determining the amount of anchovy catch in the South Pacific Region, Asami (1959, p. 53) inferred importance of predation on the anchovy larvae by juveniles of the mackerels, *Scomber japonicus* Houttuyn and *S. tapeinocephalus* Bleeker, and the jack mackerel, *Trachurus japonicus* Temminck & Schlegel.

The reverse relations between catches of two or more species inhabiting the same general area are ascribable to two major causes: real fluctuation in population sizes of the species; and change in species preference of the fishermen. As far as change in relative catches of anchovy and sardine is concerned, the former cause is regarded to be more important than the latter. Namely the decrease of sardine population has been proved on various evidences including the egg census that is independent of the fisheries (Nakai 1959). According to Takayama and Sakai (1936, p. 316), the anchovy was generally more profitable, and then might have been more attractive for fishermen, than the sardine in 1932. Nevertheless, the amount of the former was far less in the year than in the preceding years when the fisheries had been less developed. Watanabe (1956, p. 17) also reported that the egg data indicated a substantial increase of the anchovy population in the waters from northwestern coast of Kyûshû to Wakasa Bay during recent years when the sardine catch was on the decrease. A possible hypothesis from these evidences is that the anchovy population has competed with other fishes, or that density of all the fishes has been a limiting factor on population size of any one of the component species. In order to make this hypothesis conclusive, it is necessary to re-examine egg abundances of the neritic-pelagic fishes in the early years under study, data of which may provide unbiased information of the population sizes.

In summary, four general periods are distinguished in the history of the anchovy fishing in Japan for the past 50 years. Leaving out the early statistics for years before the 1910's when fisheries were undeveloped, the variation in the anchovy catch during the last 40 years is quite large with the minimal catch (in 1932) being

only 15 percent of the maximal one (in 1957). This and other local data indicate that the anchovy catch have been negatively correlated with the catch of sardine and with that of other neritic-pelagic species. Such relation might have been caused partly by the change in species preference of fishermen. As far as the relation between the anchovy and sardine is concerned, however, the major cause of the reverse fluctuation referred to above is regarded to be actual changes in the population sizes.

Regional catch.

In the course of time the major fishing areas for some neritic-pelagic species may often shift from one locality to another with change in the population sizes. One of the most obvious examples is that of the Japanese sardine, a species related to the anchovy in ecological features and in fisheries. Namely, the sardine were mainly caught in the northern waters including the Pacific coast of northeastern Honshû and Hokkaidô, and the northeastern coast of Korea during the thriving period around 1935 ; in the following adverse period around the early 1950's, the northwestern coast of Kyûshû was the most productive area ; and in the recent years of further decrease, the major catch has been brought from the northern Japan Sea along Honshû, while the fishing ground in the Pacific area of less importance has moved down to south (Nakai *et al.* 1955, pp. 17-19, Yamanaka and Itô 1957, pp. 1-3, Hayashi 1959, p. 7, Ishigaki *et al.* 1959, pp. 55-72, Nakai 1959, pp. 6, 7). The shift of major fishing areas was found with a related species, *Sardinops caerulea* Girard, in the eastern Pacific waters (Marr 1959, p. 7). Not only clupeids but also the mackerels in Japan showed change in the regional distribution of catch ; the landings were more numerous on the Japan Sea coast during the 1920's while on the Pacific coast during the 1930's (Kubo and Yamada 1954). In comparison with these species, the regional catch of anchovy has been investigated for two periods under different survey systems, one is later part of the 19 th century and the other, the recent 50 years.

According to the reports around 1890 (Agriculture Bureau 1891-93), the most prosperous fishing ground of anchovy was located, as it is now, in the East Pacific Area of Honshû extending between Kujûkuri Hama and Kashima Nada. Most of recent major fishing grounds including Ise Bay, Bungo Straits, Wakasa Bay and the Seto Inland Sea were also productive of this species. As a minor difference in the regional distribution of catch from the present status it is noted that the anchovy was very important for the *iwashi* fisheries in Aomori and Iwate Prefectures, and that the fish was equally numerous with, or less than the sardine in the western part of the Seto Inland Sea. Adversity of the sardine in the period (Fukuyo 1947, pp. 18, 19, Uda, 1952, pp, 374, 375) might have been responsible to the fact that the anchovy was quite important for fisheries in many localities, especially those on the north Pacific coast of Honshû.

The catch statistics for the years beginning with 1905 also reveal that the

Table 2. Anchovy catch by region, 1905–25, 1932, 1949–57

(Unit; 1,000 tons)

Year	Total	Hokkaidô	Pacific			Japan Sea		East China Sea	Seto Inland Sea
			North	Middle	South	North	West		
1905	32.4	— (—)	1.2(3.8)	16.6(51.1)	4.8(14.7)	1.9(5.8)	1.1(3.5)	2.3(7.0)	4.5(14.0)
1906	26.1	— (—)	2.5(9.5)	8.8(33.7)	4.2(15.9)	1.5(5.8)	1.9(7.3)	2.5(9.6)	4.7(18.1)
1907	33.6	— (—)	6.1(18.3)	11.7(34.9)	3.3(9.9)	1.5(4.5)	1.4(4.1)	2.3(7.0)	7.2(21.3)
1908	47.8	— (—)	5.8(12.2)	18.2(38.1)	4.2(8.9)	2.5(5.2)	1.5(3.2)	2.2(4.6)	13.3(27.8)
1909	49.2	0.0(0.1)	4.3(8.7)	17.2(35.0)	8.6(17.4)	4.3(8.8)	1.1(2.3)	2.3(4.7)	11.3(23.0)
1910	54.2	0.0(0.1)	4.8(8.8)	22.0(40.5)	9.4(17.4)	4.4(8.0)	0.8(1.5)	3.1(5.7)	9.8(18.1)
1911	59.0	0.1(0.2)	4.4(7.4)	24.0(40.7)	6.9(11.7)	4.5(7.7)	1.0(1.8)	2.6(4.4)	15.4(26.1)
1912	104.9	3.9(3.7)	7.2(6.9)	52.7(50.2)	9.3(8.9)	5.4(5.2)	2.2(2.1)	3.9(3.7)	20.4(19.4)
1913	96.7	3.8(3.9)	9.6(9.9)	46.5(48.1)	7.9(8.2)	6.6(6.9)	1.8(1.9)	4.3(4.4)	16.1(16.7)
1914	106.7	6.4(6.0)	9.4(8.8)	59.6(55.9)	7.1(6.6)	4.1(3.8)	1.5(1.5)	1.8(1.6)	16.8(15.8)
1915	95.3	3.3(3.5)	6.8(7.1)	48.7(51.1)	10.1(10.6)	2.0(2.1)	2.0(2.1)	8.1(8.5)	14.2(14.9)
1916	121.7	12.2(10.0)	12.1(10.0)	49.6(40.8)	14.4(11.8)	5.4(4.5)	2.5(2.0)	7.0(5.7)	18.5(15.2)
1917	88.1	3.3(3.7)	7.7(8.8)	35.3(40.1)	9.9(11.2)	7.3(8.3)	2.4(2.8)	6.4(7.3)	15.8(17.9)
1918	82.7	0.6(0.7)	6.5(7.9)	23.4(28.2)	14.3(17.3)	5.7(6.9)	3.5(4.3)	6.2(7.5)	22.5(27.2)
1919	120.3	6.2(5.1)	6.9(5.7)	41.7(34.7)	11.7(9.7)	3.5(2.9)	6.1(5.0)	11.9(9.9)	32.3(26.8)
1920	111.4	5.2(4.7)	11.6(10.4)	31.2(28.0)	17.7(15.9)	2.9(2.6)	3.9(3.5)	12.1(10.8)	26.7(24.0)
1921	89.6	1.4(1.5)	4.3(4.8)	24.5(27.3)	18.1(20.2)	3.8(4.3)	2.6(2.9)	10.3(11.5)	24.5(27.4)
1922	88.6	6.8(7.7)	7.5(8.5)	29.5(33.3)	13.7(15.5)	4.0(4.5)	2.5(2.9)	6.1(6.9)	18.3(20.7)
1923	99.2	11.2(11.3)	6.7(6.7)	35.5(35.8)	12.8(12.9)	3.6(3.6)	2.9(2.9)	5.0(5.0)	21.6(21.8)
1924	93.8	6.7(7.1)	9.2(9.8)	31.0(33.0)	10.9(11.6)	7.9(8.4)	2.8(3.0)	8.8(9.4)	16.5(17.6)
1925	90.5	7.3(8.0)	5.9(6.5)	33.1(36.5)	10.3(11.4)	7.6(8.4)	5.6(6.2)	6.3(6.9)	14.5(16.0)
1932	58.1	6.2(10.7)	5.5(9.4)	8.9(15.2)	15.8(27.2)	0.3(0.5)	0.6(1.1)	10.5(18.1)	10.4(17.8)
1949	134.0	15.4(11.5)	6.2(4.6)	42.9(32.0)	28.2(21.1)	0.7(0.5)	0.5(0.4)	22.3(16.6)	17.8(13.3)
1950	169.7	14.0(8.2)	9.0(5.3)	76.5(45.1)	28.1(16.5)	0.6(0.3)	0.7(0.4)	21.0(12.4)	20.0(11.8)
1951	282.2	12.2(4.3)	13.7(4.9)	127.1(45.1)	45.1(16.0)	1.6(0.6)	0.5(0.2)	31.4(11.1)	50.4(17.9)
1952	290.2	20.4(7.0)	24.1(8.3)	125.8(43.4)	42.7(14.7)	3.0(1.0)	0.7(0.2)	23.8(8.2)	49.7(17.1)
1953	243.5	16.5(6.8)	19.9(8.2)	99.6(40.9)	27.6(11.3)	2.3(1.0)	1.6(0.6)	24.0(9.8)	52.1(21.4)
1954	304.0	21.3(7.0)	29.5(9.7)	98.2(32.3)	33.8(11.1)	2.7(0.9)	2.2(0.7)	33.7(11.1)	82.7(27.2)
1955	391.5	19.3(4.9)	45.4(11.6)	145.4(37.1)	51.6(13.2)	3.2(0.8)	6.4(1.6)	48.9(12.5)	71.3(18.2)
1956	346.7	13.8(4.0)	51.3(14.8)	111.8(32.2)	46.2(13.3)	2.3(0.7)	4.8(1.4)	40.9(11.8)	75.7(21.8)
1957	430.2	15.8(3.8)	75.7(17.6)	151.3(35.2)	49.2(11.4)	5.1(1.2)	9.8(2.3)	45.7(10.6)	77.6(18.0)

For source of data, see footnote of Fig. 2. Figures in parentheses indicate percentages to the annual total.

anchovy fisheries have been well developed in the Pacific and the Seto Inland Sea Regions (Table 2). Namely the landings on the Pacific coast consisted of 50-71 percent (60 percent on the average) of total catch in Japan ; the Seto Inland Sea produced 12-28 percent (20 percent on the average) ; the fish was scarce in the waters swept by the Tsushima Current (the Japan Sea and the East China Sea Regions) and the landings fluctuated between 7 and 23 percent (15 percent on the average). In Hokkaidô the catch increased very rapidly during the early 1910's and then fluctuatad from 2 to 12 percent of total (five percent on the average) during the succeeding years.

The consistency in the distribution pattern may be measured with correlation

Table 3. Correlation coefficients between annual anchovy landing in Hokkaidô Region, Pacific Region, Japan Sea and East China Sea Regions, and Seto Inland Sea Region, 1905-25, 1932, and 1949-57.

	Hokkaidô Region	Pacific Region	Japan Sea & East China Sea Regions
Pacific Region	0.853***	—	—
Japan Sea & East China Sea Regions	0.743***	0.953***	—
Seto Inland Sea Region	0.790***	0.931***	0.933***

The asterisks denote significant correlation at the probability less than 0.1%.

coefficients between catches in the four regions. Partial correlation coefficients beween the regional catches are significantly high, especially between three regions except Hokkaidô (Table 3). A high multiple correlation coefficient, 0.956, for the above 31 years demonstrates that the general geographic distribution of anchovy catch has been quite stable. Prosperity of the anchovy in the Pacific and Seto Inland Sea Regions is reflected on the catch statistics of *shirasu* in recent five years (Table 4).

Table 4. *Shirasu* catch by region, 1953-57.

(Unit : 1,000 tons)

		1953	1954	1955	1956	1957
Total		20.4	22.7	28.2	28.6	21.2
Pacific coast	North	1.6(7.7)	0.7(3.2)	2.0(6.9)	1.5(5.3)	0.7(3.2)
	Middle	11.6(56.6)	12.1(53.2)	15.6(55.1)	18.7(65.4)	10.7(50.7)
	South	2.7(13.5)	3.2(14.0)	4.4(15.7)	3.2(11.3)	4.2(19.6)
Japan Sea	North	0.0(0.1)	0.0(0.2)	0.0(0.0)	0.0(0.1)	0.0(0.1)
	West	0.7(3.6)	0.9(3.9)	0.9(3.1)	1.0(3.4)	0.9(4.1)
East China Sea		0.6(2.9)	0.6(2.5)	0.9(3.1)	0.6(2.0)	0.1(0.5)
Seto Inland Sea		3.2(15.7)	5.2(22.9)	4.5(15.9)	3.6(12.5)	4.6(21.8)

Data from Statistics and Survey Division, MAF (1954–58).
Figures in parentheses indicate percentages to the annual total.

The low amount of anchovy catch in the regions swept by the Tsushima Current may be partly attributed to a fact that demands for this fish in these regions have not been as much as in the other regions to depelop the fisheries. Of course,

the stock size might have been smaller in the Japan Sea and the East China Sea than in the Pacific waters as has been shown by the egg census carried out since 1949 (p. 151). The fact indicates dependency of the fisheries on the available resources.

A change in distribution pattern of a fish population may be due to either one or both of two causes: changes in spawning area and migratory route depending on population size and environmental factors as in the Japanese sardine (Nakai 1959); or rise and fall of subpopulations differing in distribution area as in the related species of North America (Marr 1959). As the anchovy population consists of several local groups as indicated by egg census and *shirasu* catch, the consistent geographic distribution of the catch, and probably of the stocks, may be explained by either one of the following three postulations. Firstly, the local groups intermingle with each other so extensively that the fluctuation in size of any stock does not affect the regional distribution. Secondly, each local group is so highly adapted to the environmental change as to retain the size. Thirdly, it is also possible that the size of anchovy population has depended on large scale fluctuation in the conditions governing the biotic and abiotic environmental factors in the coastal waters as a whole. Among these postulations, the first one may be the least probable because it is hardly acceptable to regard that such small sized and widely spawning fish as anchovy migrate the entire waters around Japan. As to adaptability to environmental changes of the population as a whole, the long lasting spawning may be favourable to retaining the size, because the environmental changes limited to a particular area and season do not always affect size of total recruitments for the year. At the same time, the consistency of distribution seems to indicate that the well-developed fisheries on the Pacific waters and the Seto Inland Sea have not depleted the anchovy stocks so heavily as to disturb the geographic pattern of catch.

Within the Pacific coast, the Middle Region has provided the greatest catch for almost all the years except 1932 when the catch in the South Region was reported to have been the most numerous. The North Region has been the least productive for the most years under discussion. In this regard it should be noted that the rate of recent increase in the least productive region exceeds that in the other regions. This may be largely related to change in stock size of the sardine. Namely the sardine was far more abundant in the North Region than in the southern regions during the prosperous period around 1935. Then it is feasible to assume that the anchovy stocks were depressed by the huge biomass of sardine in the North Region, or that the fishermen therein operated mainly for the sardine leaving the anchovy, and as the result increase of stock size of, or of demeand for the anchovy in recent years is greater in this region than in the others. The same explanation, if it holds true, may be applicable to another fact that the anchovy stocks in the Japan Sea have been more numerous but rate of recent increase is slower in the North Region than in the less prolific West Region.

As to more detailed pattern it is noted that Chiba Prefecture has produced the

greatest catch comprising 22 percent of total on the average for the period under discussion. Only in 1917 and 1949 through 1952, the prefecture was surpassed by any one of others in production of the anchovy. In addition, Hokkaidô (especially Oshima District in the southern part), and Ibaraki, Aichi, Mie, Ehime, Ôita, Toyama, Nagasaki, Hyôgo, Hiroshima and Yamaguchi Prefectures have produced significant numbers for all or most of the 31 years. The anchovy catch was abundant occasionally in Aomori, Iwate, Shizuoka, Kôchi, Kagoshima, Ishikawa and Tokushima Prefectures.

Within the prosperous regions of *shirasu*, the westernmost three prefectures including Shizuoka, Aichi and Mie of the Pacific coast of Honshû has produced 53 percent of total during five years from 1953. Especially Shizuoka is the most productive and the catch comprises 35 percent of total. In South Pacific Region, the main fishing grounds are separated into Kôchi and Miyazaki Prefectures. The fishing activities in the Seto Inland Sea are concentrated also in two areas, an area covering Wakayama, Tokushima and Kagawa Prefectures, and the other one around Hiroshima Prefecture.

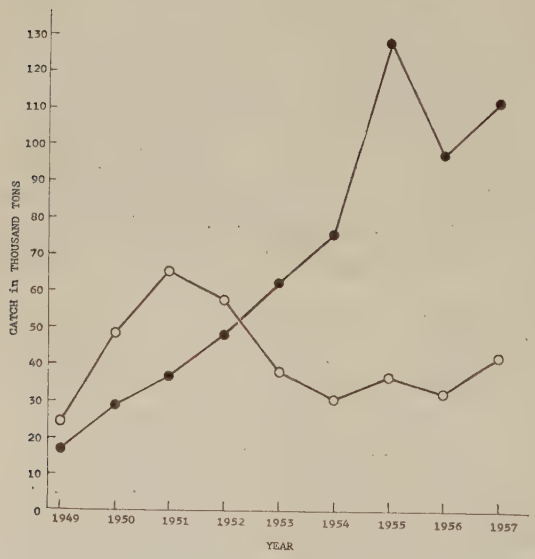


Fig. 3. Annual anchovy landings in the West and East Pacific Areas of Honshû, 1949–57.

○ West Area ● East Area

Data from Tôkai Regional Fisheries Research Laboratory (ms a and b) and Statistics and Survey Division, MAF (1952–58).

In spite of the constancy in general geographic distribution of anchovy landings, catches in subareas within a general locality often fluctuated independently from each other.

For instance, in Aichi and Mie Prefectures the catch increased from 1949 to 1951, then decreased until 1954, and slightly recovered during the last three years. In another major fishing grounds off Chiba and Ibaraki Prefectures, the statistics showed different fluctuation: the annual anchovy catch increased from 1949 to 1955, and fluctuated irregulary since then (Fig. 3.). As will be mentioned later (pp. 223–240, 255, 256), these two subareas differ one from another in the fishinig methods and age of available stocks as well as in topography. These may cause local difference in accessibility of the stocks. The available data show that irregular relief of different space-time groups in the West Area is contrasted to fairly constant-seasonal fluctuation in the size composition in the East Area.

Section 2–2. Prospectus of recent catch statistics

The Statistics and Survey Division, MAF (1954–58) have compiled recent catch statistics of the major species by month and by method of fishing as well as by prefecture. The survey also has covered three factors pertinent to fishing intensity; number and size of fisheries and number of their cruises. Since 1949 the length composition survey has been conducted for *iwashi* catch at many localities along the entire coast. But the results have not yet been compiled for the anchovy as thoroughly as for the sardine.

Based upon the above data obtained for 1953 through 1957, the fishing method, fishing season and size composition of the catch of the anchovy fisheries are discussed below.

Table 5. Anchovy catch by method of fishing, 1953–57

(Unit: 1,000 tons)

		1953	1954	1955	1956	1957
Total		243.5	304.0	391.5	346.7	430.2
Round hauls	Subtotal	136.1(56)	176.0(58)	248.9(63)	218.8(63)	268.2(62)
	Two-boat purse seine	—	153.9(51)	212.6(54)	186.9(54)	234.3(54)
	Others	—	22.1(7)	36.3(9)	31.9(9)	33.9(8)
Lift nets		12.3(5)	13.9(5)	18.3(5)	14.2(4)	16.8(4)
Set nets		23.5(10)	29.5(10)	32.0(8)	24.9(7)	43.8(10)
Boat seine group	Subtotal	57.9(24)	69.3(23)	74.5(19)	72.0(21)	80.7(19)
	Pacchi-ami	—	30.5(10)	41.8(11)	38.4(11)	43.2(10)
	Boat seine	—	38.8(13)	32.7(8)	33.6(10)	37.5(9)
Beach seine		12.9(5)	14.5(5)	16.6(4)	15.4(4)	17.2(4)
Other methods		0.8(0)	0.9(0)	1.2(0)	1.5(0)	3.6(1)

Data from Statistics and Survey Division, MAF (1954–58).
Figures in parentheses indicate percentages to the annual total.

Fishing gear.

The most important method for exploiting the anchovy is the round haul. Several varieties of this gear are used and account for 60 percent of the total anchovy catch. Among them two-boat purse seines land more than half of the total anchovy catch. The boat seine group* catch 20 percent of the total. This type of fishery also includes several varieties, and the "*pacchi-ami*" (boat seine of drawer type) has been separated from other boat seines in the statistics since 1954. The *pacchi-ami*, although representing only three percent of the total number of boats in the group, ands a quantity of anchovy comparable with that of other boat seines. The third important group of gear is the set net that accounts for about 10 percent of the total

* A term, boat seine group, is given to denote all kinds of boat seines including two subgroups, *pacchi-ami* and others. The latter subgroup is simply written a boat seine in the following description.

anchovy catch. The beach seine and lift net each accounts for five percent, and other gear play only a negligible role in exploiting the species (Table 5). Disregarding quantity, almost all nets and some anglings were reported to have caught anchovy. But the catch by the latter type of gear, especially the *katsuo* pole-and-line boats and the tuna long line boats, are regarded to have been re-landed baits that were not used up.

Of *shirasu* catch, about 65 percent is taken by boat seine. The other important gear are the beach seine, *pacchi-ami* and lift net, the catches of which consist of about 15, 10 and 5 percent of the total, respectively (Table 6). In addition, many varieties of nets catch minor amount of *shirasu*.

Table 6. *Shirasu* catch by method of fishing, 1953–57.

(Unit: 1,000 tons)

		1953	1954	1955	1956	1957
Total		20.4	22.7	28.2	28.6	21.2
Lift nets		1.3(7)	1.0(4)	1.4(5)	1.9(7)	0.0(4)
Beach seines		3.4(17)	3.7(16)	3.9(14)	4.4(15)	3.8(18)
Boat seine group	Subtotal	15.4(75)	17.5(77)	22.0(78)	21.6(75)	16.4(77)
	Pacchi-ami	—	2.9(13)	4.3(15)	2.4(8)	2.9(13)
	Boat seines	—	14.6(64)	17.7(63)	19.2(67)	13.4(64)
Other methods		0.3(1)	0.5(2)	0.9(3)	0.8(3)	0.1(1)

Data from Statistics and Survey Division, MAF (1954–58).
Figures in parentheses indicate percentages to the annual total.

The major fishing gear of the anchovy, including the postlarval forms, are the two-boat purse seine and boat seine group (the catch by using these gear comprises about 80 percent of the annual total). These two gear exploit mainly the above species, *i. e.* the anchovy consists of 45–60 percent of the catch by the two-boat purse seine, and the anchovy and *shirasu* represent almost 50 percent and slightly over 10 percent of catch by the boat seine group, respectively. Therefore, number and size of these fisheries represent approximately the intensity of exploitation of the anchovy population. The following is a general description on the number, size and distribution of these fisheries (Table 7).

Total number of two-boat purse seines ranged between 1,000 and 1,300 during 1953 through 1957. Among them about 50 percent operated in the Pacific Region, 23 percent in the East China Sea, 20 percent in the Seto Inland Sea, seven percent in the Japan Sea, and only a few in the waters surrounding Hokkaidô. The scale of fishery extended from small boats without an engine to large sized powered boats exceeding 100 gross tons. The major portion of the fisheries was quite small; non-powered boats and medium sized powered boats (10–30 tons) consisted of about 40 percent each of the total, and boats over 100 tons were negligible in number. The size differed from region to region, large in the northern waters and small in the

a. Total, Hokkaidô Region, and North and Middle Pacific Regions.

			Total					Hokkaidô Region					North Pacific Region					Middle Pacific Region				
			1953	1954	1955	1956	1957	1953	1954	1955	1956	1957	1953	1954	1955	1956	1957	1953	1954	1955	1956	1957
Two-boat purse seine		Total	1130	1301	1237	1209	1065	—	5	4	1	—	164	176	161	175	166	224	317	315	284	253
		Non-powered boat	564	492	445	463	435	—	—	—	—	—	8	8	—	15	1	12	7	7	4	47
	Powered boat	-3 ton	70	106	101	48	41	—	—	—	—	—	11	6	5	—	8	8	71	65	26	30
		3-5 „				48	58				—	—				1	2				33	27
		5-10 „	62	84	85	75	50	—	—	—	—	—	4	12	14	15	13	19	36	26	16	6
		10-20 „	248	330	316	220	246	—	3	2	—	—	30	34	33	32	29	126	144	144	131	78
		20-30 „	184	276	262	136	102	—	2	2	1	—	109	104	88	44	31	59	59	73	51	39
		30-50 „				86	68				—	—				43	35				21	19
		50-100 „	2	13	28	31	62	—	—	—	—	—	2	12	21	25	47	—	—	—	—	1
		100-200 „	—	—	—	2	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	3
Boat seine group		Total	14661	13094	13389	12722	10849	1526	1440	1635	1272	1176	2142	1425	1494	1583	1370	1124	1079	919	1008	961
		Non-powered boat	8662	7370	7192	6765	4501	1292	1057	1006	841	544	1550	927	998	1043	770	281	244	108	175	117
	Powered boat	-3 ton	5418	5114	5628	4180	4186	198	374	626	323	394	586	491	593	512	562	605	553	568	340	329
		3-5 „				1148	1451				92	216				27	34				233	251
		5-10 „	301	355	266	348	440	33	9	3	15	16	5	6	2	1	4	93	153	70	116	128
		10-20 „	277	254	299	280	259	3	—	—	1	6	1	1	1	—	—	142	128	169	143	124
		20-30 „	3	1	4	1	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	1	4	1	12
Boat seine		Total	data available	12831	13104	12442	10524	data available	1440	1635	1272	1176	data available	1424	1494	1583	1318	data available	949	773	886	853
		Non-powered boat		7367	7192	6765	4501		1057	1006	841	544		927	998	1043	770		244	108	175	117
	Powered boat	-3 ton		5106	5618	4177	4137		374	626	323	394		491	493	512	515		553	568	340	329
		3-5 „				1136	1432				92	216				27	29				233	251
		5 10 „		335	240	316	393		9	3	15	16		6	2	1	4		151	69	114	127
		10-20 „		23	53	48	61		—	—	1	6		—	1	—	—		1	27	24	29
		20-30 „		—	1	—	—		—	—	—	—		—	—	—	—		—	1	—	—
Pacchi-ami		Total	No	263	285	280	325	No	—	—	—	—	No	1	—	—	52	No	130	146	122	108
		Non-powered boat		3	—	—	—		—	—	—	—		—	—	—	—		—	—	—	—
	Powered boat	-3 ton		8	10	3	49		—	—	—	—		—	—	—	47		—	—	—	—
		3-5 „				12	19				—	—				—	5				—	—
		5-10 „		20	26	32	47		—	—	—	—		—	—	—	—		2	1	2	1
		10-20 „		231	246	232	198		—	—	—	—		1	—	—	—		127	142	119	95
		20-30 „		1	3	1	12		—	—	—	—		—	—	—	—		1	3	1	12

Data from Statistics and Survey Division, MAF (1954–58).

Table 7. Number of actually operated fishing units of three major anchovy fisheries, by region and by size of boat, 1953–57. Continued. b. South Pacific Region, and North and West Japan Sea Regions.

			South Pacific Region					North Japan Sea Region					West Japan Sea Region				
			1953	1954	1955	1956	1957	1953	1954	1955	1956	1957	1953	1954	1955	1956	1957
Two-boat purse seine		Total	178	185	166	168	132	—	31	33	34	31	40	123	114	110	99
	Powered boat	Non-powered boat	167	171	154	159	125	—	—	—	—	—	24	35	57	70	75
		0–3 ton	2	6	6	3	2	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—
		3–5 „				—	—				—	1				1	2
		5–10 „	3	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	3	5	5	1
		10–20 „	6	8	5	5	5	—	14	9	15	9	3	25	6	5	—
		20–30 „	—	—	1	—	—	—	17	21	16	15	12	58	40	18	11
		30–50 „				1	—				3	3				7	4
		50–100 „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	1	5	4	6
		100–200 „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Boat seine group		Total	1077	1020	943	892	856	1283	1157	1473	1495	684	689	750	1062	621	638
	Powered boat	Non-powered boat	883	877	760	653	590	1239	1141	1353	1395	593	448	531	675	454	407
		–3 ton	168	120	150	186	193	44	16	119	93	59	211	210	369	108	154
		3–5 „				24	37				6	23				49	63
		5–10 „	2	—	7	2	9	—	—	1	1	8	24	9	16	9	14
		10–20 „	24	23	26	27	27	—	—	—	—	1	6	—	2	1	—
		20–30 „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Boat seine		Total	data available	997	914	864	827	data available	1157	1473	1495	684	data available	750	1061	620	638
	Powered boat	Non-powered boat		877	760	653	590		1141	1353	1395	593		531	675	454	407
		–3 ton		120	149	186	191		16	119	93	59		210	369	108	154
		3–5 –				23	36				6	23				49	63
		5–10 –		—	4	2	9		—	1	1	8		9	16	9	14
		10–20 –		—	1	—	1		—	—	—	1		—	1	—	—
		20–30 „		—	—	—	—		—	—	—	—		—	—	—	—
Pacchi-ami		Total	No	23	29	28	29	No	—	—	—	—	No	—	1	1	—
	Powered boat	Non-powered boat		—	—	—	—		—	—	—	—		—	—	—	—
		–3 ton		—	1	—	2		—	—	—	—		—	—	—	—
		3–5 „				1	1				—	—				—	—
		5–10 „		—	3	—	—		—	—	—	—		—	—	—	—
		10–20 „		23	25	27	26		—	—	—	—		—	1	1	—
		20–30 „		—	—	—	—		—	—	—	—		—	—	—	—

Data from Statistics and Survey Division, MAF (1954–58).

Table 7. Number of actually operated fishing units of three major anchovy fisheries, by region and by size of boat, 1953–57. Continued. c. East China Sea and Seto Inland Sea Regions.

			East China Sea Region					Seto Inland Sea Region				
			1953	1954	1955	1956	1957	1953	1954	1955	1956	1957
Two-boat purse seine		Total	296	254	259	251	225	228	210	185	186	159
		Non-powered boat	247	199	177	170	168	106	72	50	45	19
	Powered boat	–3 ton	17	2	8	13	—	31	20	16	6	1
		3–5 „	10	8	23	4	5	26	25	14	9	21
		5–10 „	18	13	16	23	20	65	89	101	16	7
		10–20 „	4	32	33	26	18	—	4	4	106	107
		20–30 „	—	—	2	2	2	—	—	—	4	4
		30–50 „	—	—	—	11	7	—	—	—	—	—
		50–100 „	—	—	—	2	5	—	—	—	—	—
		100–200 „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Boat seine group		Total	2740	2587	2478	2729	2211	4080	3636	3385	3122	2953
		Non-powered boat	1757	1601	1377	1460	887	1212	992	915	744	593
	Powered boat	–3 ton	962	952	1068	1062	1086	2644	2398	2235	1556	1409
		3–5 „	20	33	33	143	131	124	145	134	574	696
		5–10 „	1	1	—	61	105	100	101	101	143	156
		10–20 „	—	—	—	3	2	—	—	—	105	99
		20–30 „										
Boat seine		Total		2587	2478	2729	2210		3527	3276	2993	2818
		Non-powered boat		1601	1377	1460	887		989	915	744	593
	Powered boat	–3 ton		952	1068	1062	1086		2390	2226	1553	1409
		3–5 „				143	131				563	683
		5–10 „		33	33	61	104		127	112	113	111
		10–20 „		1	—	3	2		21	23	20	22
		20–30 „		—	—	—	—		—	—	—	—
Pacchi-ami		Total		—	—	—	1		109	109	129	135
		Non-powered boat		—	—	—	—		3	—	—	—
	Powered boat	–3 ton		—	—	—	—		8	9	3	—
		3–5 „		—	—	—	—				11	13
		5–10 „		—	—	—	1		18	22	30	45
		10–20 „		—	—	—	—		80	78	85	77
		20–30 „		—	—	—	—		—	—	—	—

No data available

Data from Statistics and Survey Division, MAF (1954–58).

southern waters and in the Inland Sea. The number of the fisheries on the entire coast did not show any increasing or decreasing trend during the period under discussion. This is attributed to the fact that the fishery has been consistent on the Pacific coast of Honshû, the most significant fishing ground. In the East China Sea Region the boats decreased from 1953 to 1957 by about 24 percent of the initial number, possibly reflecting a decrease of the neritic-pelagic fishes, especially the sardine. The decrease of the boats was also found in the South Pacific Region and the Seto Inland Sea Region, where almost all the boats were non-powered or small powered ones of less than 20 tons. In the West Japan Sea Region the number of round hauls increased suddenly in 1954 when a new fishing ground was exploited.

Table 8. Annual amount and species composition of two-boat purse seine catch in Chiba, Ibaraki and Fukushima Prefectures, 1953–57.

Prefecture	Year	Amount of catch	Species composition				
			Sardine	Anchovy	Blue fin tuna	Mackerels	Others
		tons	%	%	%	%	%
Total	1953	81,578	14.1	74.5	0.4	3.5	8.5
	1954	86,633	6.9	86.3	1.3	0.4	5.1
	1955	143,756	1.4	89.1	0.8	0.2	8.6
	1656	125,245	6.6	78.5	1.4	9.5	4.1
	1957	135,710	8.9	84.5	0.1	1.5	5.0
Fukushima	1953	7,334	65.4	4.3	0.6	26.2	3.5
	1954	7,181	65.7	10.9	8.3	2.5	12.5
	1955	3,064	15.7	50.1	26.1	0.7	7.4
	1956	11,989	26.6	25.1	7.7	32.0	8.7
	1957	13,290	46.0	42.5	0.3	7.6	3.6
Ibaraki	1953	16,704	24.1	62.2	0.0	4.1	9.6
	1954	17,300	5.2	88.3	2.5	0.4	3.5
	1955	33,955	1.4	88.5	0.8	0.3	10.0
	1956	38,561	5.7	75.2	1.2	15.7	2.1
	1957	36,358	10.7	81.7	—	2.5	5.1
Chiba	1953	57,540	3.3	86.9	0.5	0.4	8.8
	1954	62,152	0.5	94.5	0.2	0.2	4.6
	1955	106,737	1.1	90.0	0.2	0.2	8.6
	1956	74,695	3.6	88.6	0.5	2.8	4.4
	1957	85,623	2.1	92.5	0.1	0.1	5.2

Based on unpublished data of Statistics and Survey Division, MAF.

The boat seine group declined from 1953 to 1957 by about 26 percent of the initial number. This trend is ascribable to a decrease in boat seines, which represented more than 97 percent of the boat seine group. On the other hand, the *pacchi-ami* steady increased from 1954 to 1957 by about 23 percent of the initial number. The two types of fisheries differ in size. Of boat seines, about 50 percent have no cruising engine and slightly over 40 percent are smaller than five tons even though they are equiped with engines. On the other hand, powered boats of 10-20 tons represent 60–80 percent of the *pacchi-ami* fleet, almost all of which equiped with engines. Local concentration also differs between these two types of fisheries. 50-60 percent and 20–30 percent of the *pacchi-ami* are operated in the Pacific and Seto Inland Sea

Regions, respectively, and only a few are reported from other regions. Even though the boat seines are also most numerous in the Pacific and Seto Inland Sea Regions (25–30 percent for each), about 40 percent are scattered in other regions.

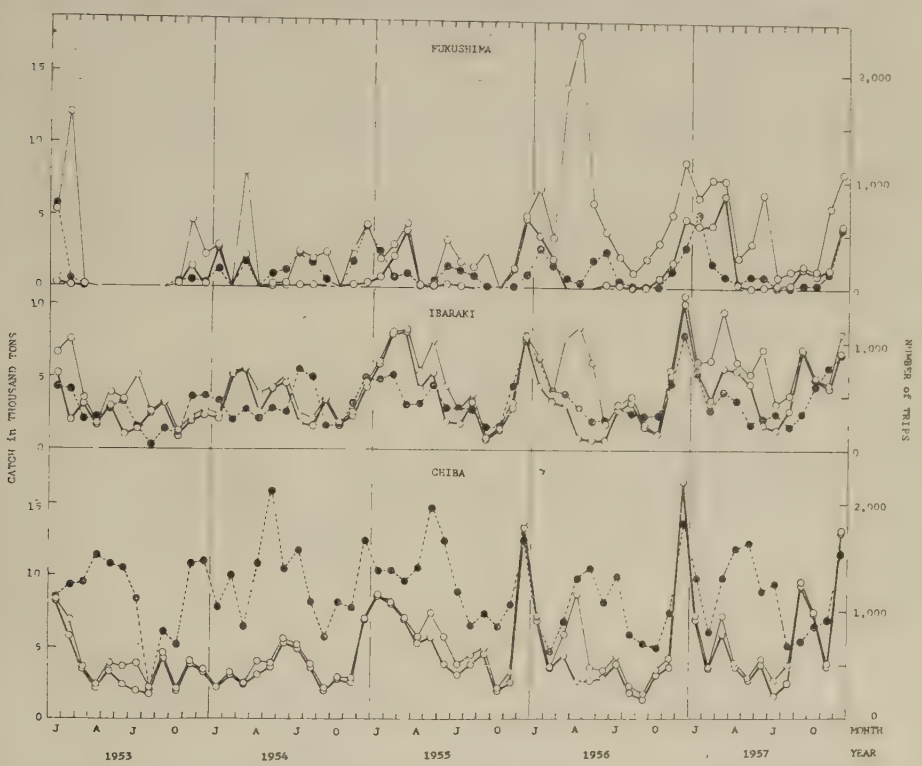


Fig. 4. Monthly catch per trip and adjusted number of trips of two-boat purse seines in the East Pacific Area of Honshû, 1953–57.
—○— Total catch per trip —○— anchovy catch per trip
···●··· adjusted number of trips.
Based on unpublished data of Statistics and Survey Division, MAF.

In spite of the dominancy of anchovy in the catch of these fisheries as a whole, there are some species replacing the anchovy in particular localities, years and seasons. For instance, in Miyagi Prefecture, there are two groups of the two-boat purse seines, one that catches mainly the skip jack, *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus), blue fin tuna, *Thunnus thynnus* (Linnaeus), and yellow fin tuna, *Neothunnus albacora* (Lowe), and the other that chiefly fishes for anchovy and sardine. On the northwestern coast of Kyûshû, not only the anchovy but also the sardine, mackerels and jack mackerel comprise appreciable portions of the catch of the two-boat purse seine. The major catch of the boat seine fleet in Hokkaidô Region are the sand lance, *Ammodytes personatus* Girard, and miscellaneous invertebrates. In the Seto Inland Sea Region there are some boats of this fishery that catch particular fishes other than anchovy, *e. g.* the red sea bleam, *Chrysophrys major* Temminck & Schlegel,

and the sand lance.

Even in the major anchovy areas, the species is sometimes replaced by other fishes. For instance, the *shirasu* and young anchovy comprised more than 90 percent of the boat seine catch in the Middle Pacific Region during 1954 through 1956. In 1957 when the coastal water mass expanded widely over the fishing ground (Sardine Resources Division, Tôkai RFRL, 1958), the ratio of the above kinds decreased to 60 percent, and that of the sand lance, having been less than one percent in the previous years, increased to 30 percent. Hayashi and Kondô (1959) described the change of species composition of two-boat purse seine catch for four years from 1953 to 1956 in the East Pacific Area. This area includes the most prosperous anchovy fishing ground for this type of fishery. Adding the statistics for 1957, the local, annual,

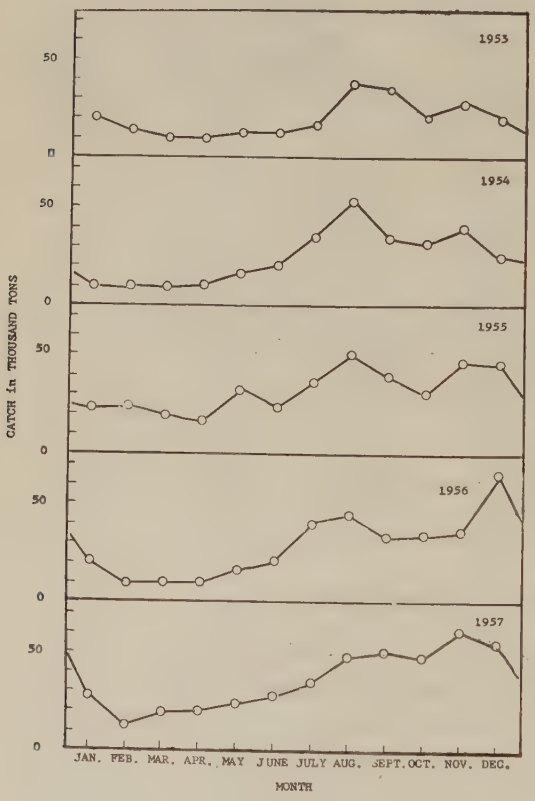


Fig. 5. Monthly landings of the anchovy, 1953–57.
Data from Statistics and Survey Division, MAF (1954–58).

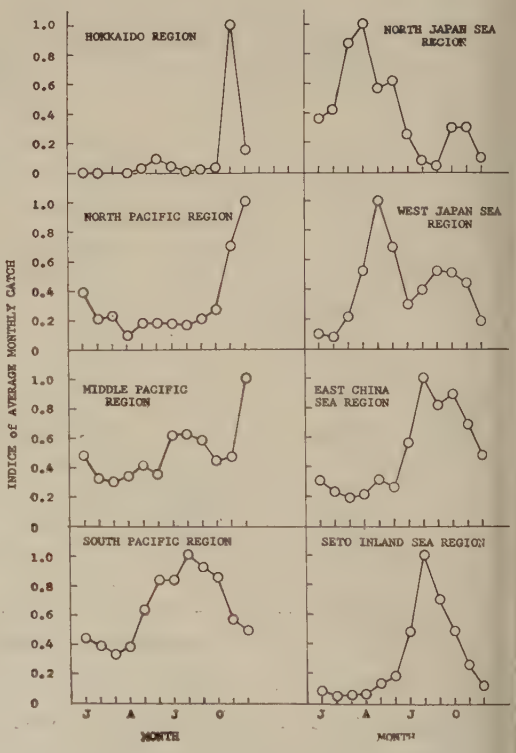


Fig. 6. Indice of average monthly catch of anchovy by region.
Data from Statistics and Survey Division, MAF (1954–58).

and seasonal fluctuations in the species composition are shown below. Firstly, the anchovy represented 85–90 percent of the catch in Chiba Prefecture while the ratio of this species fluctuated between 60 and 90 percent in Ibaraki Prefecture. The boats in Fukushima Prefecture caught appreciable amounts of the sardine, blue fin tuna

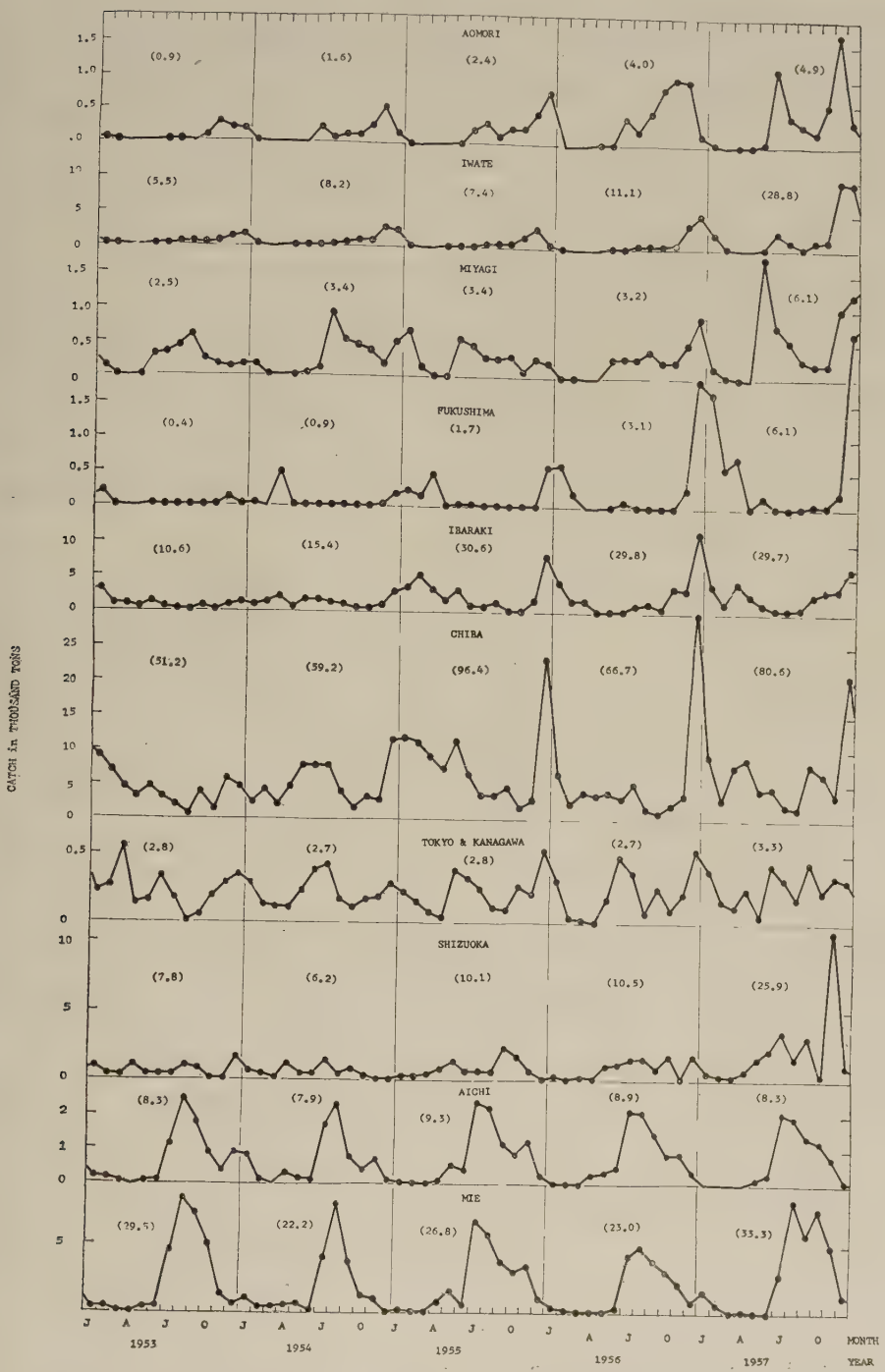


Fig. 7. Monthly landings of anchovy in prefectures along the Pacific coast of Honshû, 1953–57.
Numerals in parentheses denote annual landings in thousand tons.
Data from Statistics and Survey Division, MAF (1954–58).

and mackerels in addition to the anchovy, and the ratio of the last species varied from 5 to 50 percent (Table 8). Secondly, the annual fluctuation in species composition was quite remarkable in the northern two prefectures, *i.e.* the sardine dominated instead of the anchovy in 1953 and 1954 (Hayashi 1959, Nakai and Hayashi ms). Thirdly, the seasonal changes in species composition as well as in the fishing activity were shown by the monthly catch and effort data. The fishing activity was concentrated twice a year, winter and early summer. In colder months, the fishermen chiefly caught the anchovy, cheap in the price but numerous in the amount, with the catch per trip far greater than that in the other months. In warmer months, on the other hand, more lucrative fishes immigrated into the area, and then, the anchovy catch as well as the total catch per trip became smaller (Fig. 4). Furthermore, discussion with the fishermen in the northern two prefectures revealed that they had sometimes changed the nets to a different mesh size for the species migrating into the area, and that some boats on the entire coast under discussion went offshore to pursue saury during the autumn.

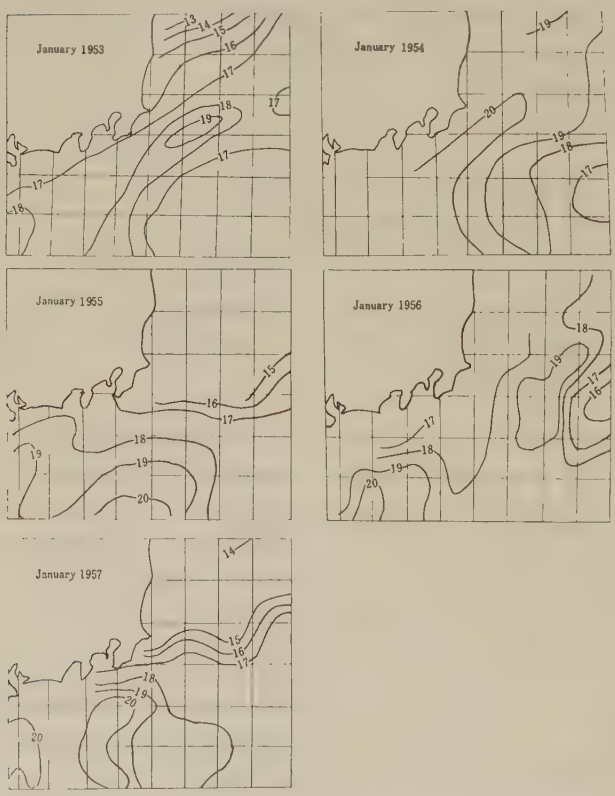


Fig. 8. Distribution of surface temperature in winter (January) in the East Pacific Area.

Fishing season.

The anchovy is caught throughout the year in Japan as a whole. The amount of catch increases in the later half of a year, and two peaks appear, one in the summer and the other in the winter (Fig. 5). If the statistics are examined by region it is found that the fishing activities are concentrated in autumn in Hokkaidô and in the North Pacific Region, in spring and autumn in the Japan Sea, but extend throughout the year with summer peaks in the southern regions inclusive of the Seto Inland Sea (Fig. 6.). Data for smaller areas reveal that the seasonal fluctuation in catch is more stable in the major fishing grounds than in the minor ones within the same general locality. For instance, the catch statistics for the Pacific coast of Honshû indicate that the monthly catch is usually the largest in

November in the two northernmost prefectures of Aomori and Iwate, in the period from December to February in the major prefectures of Chiba, Ibaraki and Fukushima, and in summer and early autumn in the other productive prefectures of Mie and Aichi. The month of the greatest catch varies greatly from year to year in less prolific areas such as Miyagi, Shizuoka and Kanagawa Prefectures (Fig. 7). It is to be noted that the seasonal fluctuation of fishing activities is disturbed by the environmental change even in the major fishing ground. For instance, in the Chiba Prefecture, the landings were not appreciable during the winter months of 1953–54, but increased in early summer 1954. This was also found in Ibaraki Prefecture. The surface temperature in January has usually ranged between 15° and 16°C, but was high, around 19°C, in the above exceptional year (Fig. 8). The high temperature could possibly have caused the delay of the fishing season.

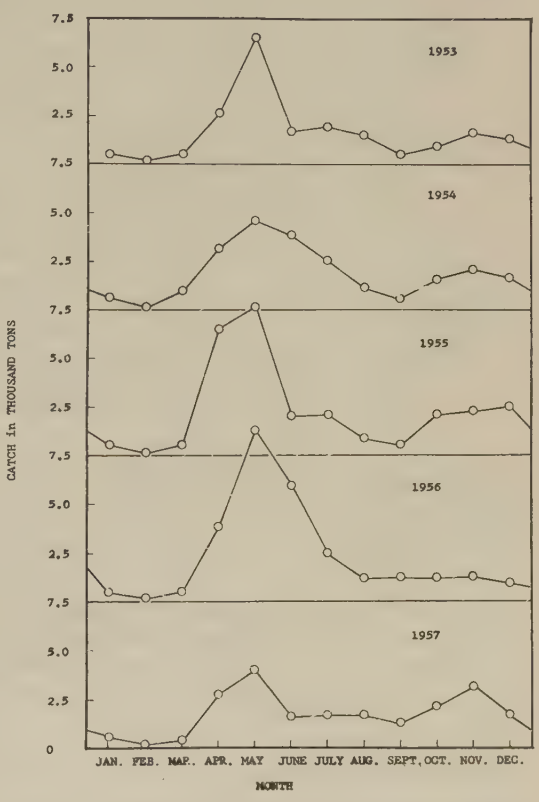


Fig. 9. Monthly landings of the *shirasu*, 1953–57. Data from Statistics and Survey Division, MAF (1954–58).

The above regional change in the fishing season may be interpreted as follows. The short fishing season in the northern area reflects that the anchovy avoids the cold winter in the waters near the northern limit of distribution. The long lasting fishing activity in the southern areas is attributed to the wide range of spawning season. In the prosperous areas, the fisheries are prepared to exploit the anchovy migrating into a particular season of the year, although the migration of fish changes at times depending on abiotic condition so remarkably as to cause delay of fishing season.

The *shirasu* is landed almost all the year round. The total catch is the greatest in May and a secondary peak appears in the autumn (Fig. 9). This is comparable to the long lasting spawning activities in the waters along the entire coast. The seasonal fluctuation differs greatly between the most prosperous regions. The month of the greatest catch is May every year in the Middle Pacific Region, usually December in the South Pacific Region and either May, June or July in the Seto

Inland Sea Region (Fig. 10). This is partly ascribable to local differences in the major spawning season.

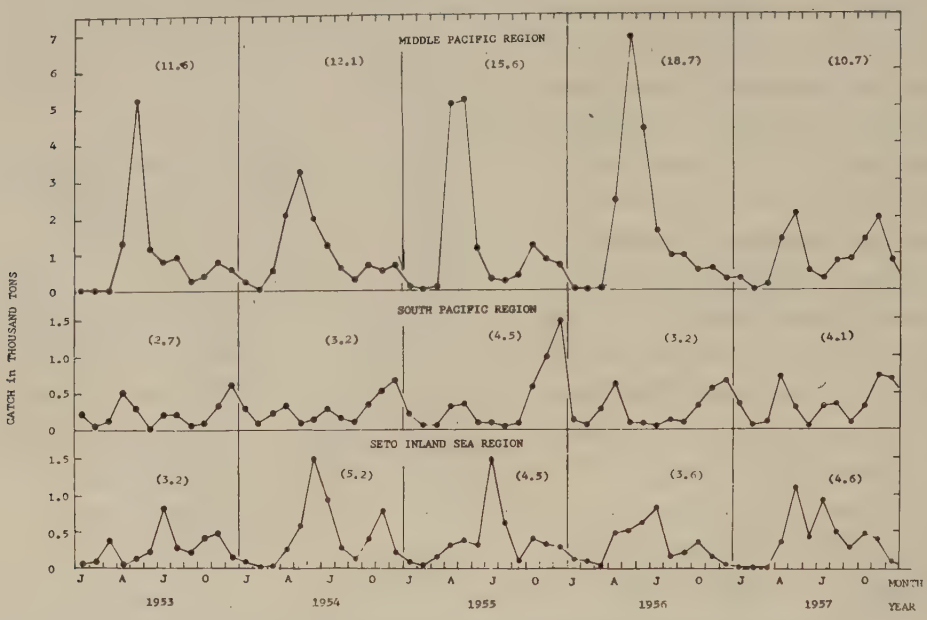


Fig. 10. Monthly landings of *shirasu* in the Middle and South Pacific, and the Seto Inland Sea Regions, 1953–57.
Numerals in parentheses indicate annual landings in thousand tons.
Data from Statistics and Survey Division, MAF (1954–58).

Off the West and Central Pacific Areas of Honshû, in which the major spawning grounds are roughly divided into east and west parts, the monthly catch statistics show the drifting process of the postlarvae, *i.e.* the catch peak in spring proceeds with progress of time from the eastern prefectures to western ones with the exception of Mie; April in Kanagawa (May in 1954), May in Shizuoka (April in 1955) and Aichi (April in 1957 or June in 1954), and some times from March to June in Mie. The same drifting process is suggested by the catch peak during the autumn months (Fig. 11). This indicates that at least the postlarval stock in the two easternmost prefectures are derived from spawning in the sea extending between the Bôsô Peninsula and Suruga Bay, but those stocks in the western two prefectures comprise appreciable numbers of fish spawned in the waters along the Kii Peninsula.

Length composition of catch.

The body length composition survey covered most of the anchovy landings in Hokkaidô and on the Pacific coast, but the survey was less extensive for the catch from the Japan Sea and the East China Sea. A few reports were published on the length composition of landings from the Seto Inland Sea. The regional composition

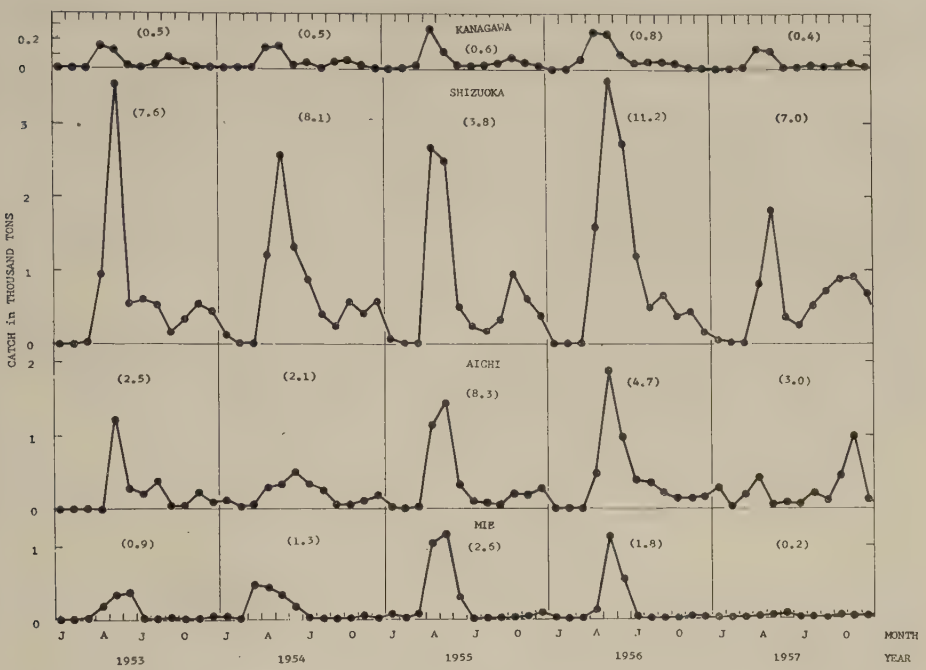


Fig. 11. Monthly landings of *shirasu* in West and Central Pacific Areas of Honshû, 1953–57.
Numerals in parenthese indicate annual landings in thousand tons.
Data from Statistics and Survey Division, MAF (1954–58).

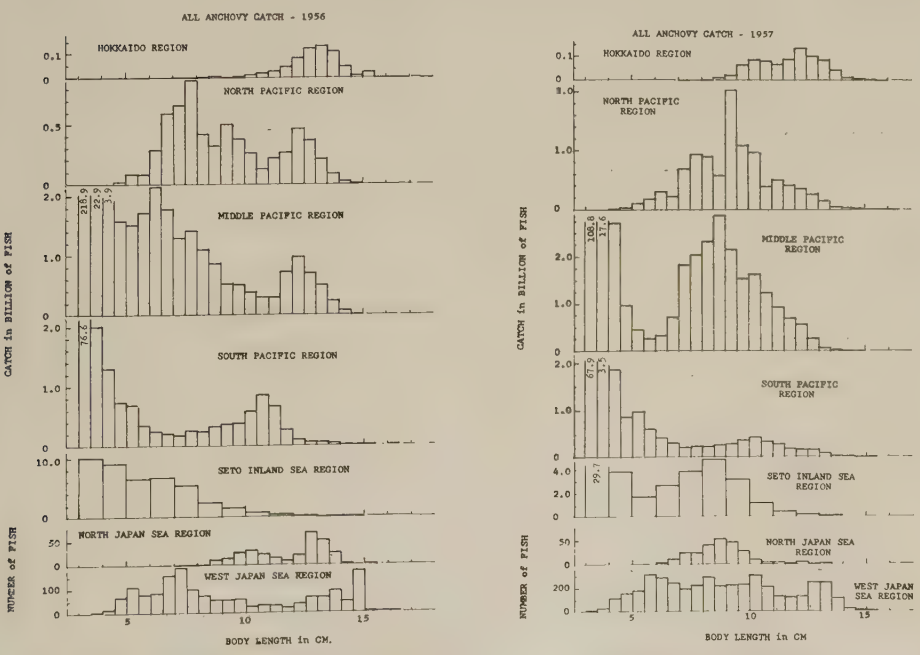


Fig. 12. Length frequencies of the anchovy catch, 1956 and 1957.

has already been shown by Yokota and Asami (1956, p. 57) for the catch in 1953 and by Yamanaka and Itô (1957, pp. 22-24) for that in 1954.

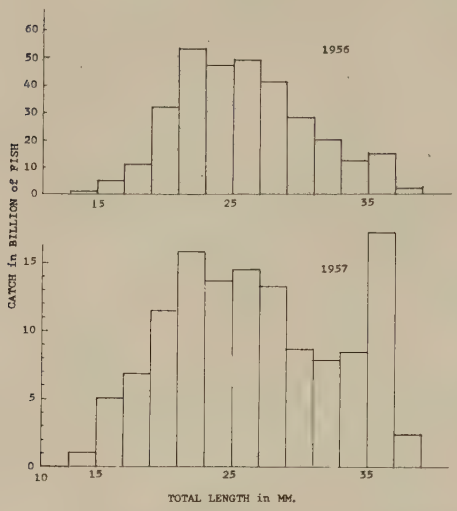


Fig. 13. Length frequency of *shirasu* catch in the West Pacific Area of Honshû, 1956 and 1957.

The length data in 1956 and 1957 have been compiled by the participating laboratories (Figs. 12 and 13). On the bases of these data, the length frequency of commercial catch is reviewed below. In spite of annual variation, the fisheries have actually exploited the anchovy at various stages of life from the postlarvae of 13 mm in total length to the adults over 16 cm in body length. All the sized fish appear in both Pacific and Japan Sea sides. The geographic cline in length can be seen. The catch in Hokkaidô consists of fish ranging between 4 and 18 cm in body length, with a mode of 11–13 cm. In the North Pacific Region, fish range from 4 to 16 cm and the modal groups are between 8 and 14 cm. Two modal lengths, around 7 and 12-13 cm, appear in the catch from the Middle Region. There is another group of *shirasu* with a mode of total length around 21-29 mm. In the South Region, the fish smaller than 5 cm in body length are the most numerous, the mode around 7–8 cm is the second in number, and a few exceed 12 cm. The length data for 1953 and 1954 reveal that the catch in the Japan Sea Region consists of larger fish than those in the East China Sea Region. But the cline was not obvious within the Japan Sea during 1956 and 1957.

Capter 3. Space-time variation of meristic characters

The anchovy catch landed from a fishing ground during a short period of time comprises fish spawned in different seasons of a year, and in some instances fish spawned in different areas. Thus, it is necessary to segregate a stock into space-time groups in estimating growth, in predicting the catch and in evaluating effect of fisheries on the stocks. A technique for this purpose is the comparison of morphological characters that reflect the environments of spawning grounds and are constant after the fixation. Such a character should be easy to determine without any confusion because a great many data are required for quantitative studies of the stock structure. In this regard, Tåning (1944, pp. 21–31) proved that the vertebral and fin ray counts of *Salmo trutta trutta* Linnaeus were affected by the environments during the incubation period and remained constant after that time. This is applicable to many species including the anchovy. Furthermore, neither special skill nor

special instruments are necessitated in counting these characters. For these reasons, the meristic variation should be investigated in planning research on the structure of the anchovy stocks.

For the purpose of segregating the space-time groups, it is desirable to examine the smallest fish that can be obtained because the time and locality of hatching of smaller fish may be more easily determined than for the larger ones. The *shirasu* fishery, exploiting mainly the postlarval forms of the anchovy, provides opportunity to collect the young specimens from various parts of the central and southern coast of Japan.

This chapter is devoted to drawing the general picture of seasonal, local and annual variations of the numbers of vertebrae, and dorsal and anal fin rays of postlarvae. The findings described in this chapter will be applied in estimating the growth and structure of stocks in the succeeding chapters.

Section 3-1. Historical review

In the past, only the number of vertebrae has been studied in order to segregate the space-time groups of the Japanese anchovy. In this section review of previous studies on this subject of the anchovy is given. Brief notes of publications on related species are included in the introductory paragraphs dealing with each of the characters.

Aikawa (1948), who made the first study on the vertebral variation of the anchovy from a viewpoint of fishery biology, stated that the average counts varied depending on the season of catch and on the size of fish but not on the locality. According to him the catch consisted of three size-groups ; the postlarvae as long as 4 cm in body length, the small, 6 to 8 cm and the large, longer than 10 cm ; the postlarvae and the large sized fish resembled each other in the mean vertebral counts, while the small had the mean counts considerably different from those of the other two ; the seasonal fluctuation in the postlarva catch showed two peaks a year, one in spring and the other in autumn ; and the mean counts of the postlarvae showed no significant difference by fishing ground but by season, having been more than 45.20 (as some workers including Aikawa did not count the urostyle, their counts are increased by one to conform to those of the present study) for the postlarvae caught in spring, while less than that for those in autumn in every fishing ground.

On the other hand, Murakami and Shindô (1949) suggested local variation of the vertebral counts dealing with the fish taken on the northwest coast of Kyûshû. They found a sudden decrease of vertebral counts occurring exclusively in June in association with shift of fishing grounds and a change in size composition. But these data were interpreted so as to indicate the seasonal variation of the counts by Murakami and Hayano (1955, p. 20).

Since those works were made public, amounts of knowledge have been accumu-

lated for the problem. Working with materials taken in Yamaguchi Prefecture, Maekawa and Yatsuyanagi (1951) showed that the vertebral counts varied depending on season of spawning. When Yokota and Furukawa (1952) examined the mean counts of postlarval anchovy in the waters off Miyazaki Prefecture, they reached to a conclusion that the mean counts must have been linearly related with water temperature at the early stage of life. Studying the data taken in the various areas inclusive of the northwestern Kyûshû, the Seto Inland Sea and Ehime Prefecture, Aikawa (1954) maintained that the season was a more important factor in determining the vertebral counts than the locality. According to Makita (1954), the mean counts of spring group surmised from body length were higher than those of autumn group for the fish in Ôsaka Bay. Dealing with the fish larger than 7 cm in body length, collected in the vicinity of Tôkyô Bay, Kubo *et al.* (1954) found no significant difference of the mean counts either between sexes or between size groups. Itazawa (1954) observed the development and form of vertebrae of the postlarvae and juveniles. About 25 percent of his materials were found with modified vertebrae. Except for a few fish with aberrant centra, almost all abnormal individuals were classified into two groups: one characterized by having additional spines, and the other, by having incomplete ones. Each type of modification was found on the antepenultimate and/or penultimate bones. The former was mainly found in the fish with 45 vertebrae and the latter, in those with 46 bones. He also examined the morphology and development of vertebrae in the tail section.

Hayashi (ms), who worked on the materials taken at several ports on the Pacific coast of Honshû, reported the seasonal and local variations in the adults as follows: (1) The difference in the vertebral counts depending on the season of spawning was remarkable among the fish in the first year of life; (2) The difference became less consistent among older fish probably because of the mixture of individuals spawned in different seasons of the year; (3) The variances of the mean counts within samples were homogeneous and averaged 0.29. Watanabe (1955) found that the vertebral counts of fish in the Japan Sea varied remarkably depending upon the size and season of the catch. Tamura (1955) examined the vertebral counts as well as egg and larva census and catch statistics of *shirasu* in an attempt to segregate local groups of the fish in the Pacific waters. As to materials taken in the Yamaguchi Prefecture, Ôtsuka *et al.* (1955) and Yasumura *et al.* (1956) indicated seasonal fluctuation in vertebral counts, having described that the body length and the counts were related to each other positively in spring and negatively in autumn. No relationship was found to exist in those of summer months. With regard to the fish collected in the water off the Tôhoku Region, Odate (1957) reported the larval and postlarval anchovy being actually distributed over a wide range, from the coast to 400 nautical miles offshore. According to him, the mean vertebral counts of postlarvae in the high sea ranged 45.40-45.50, while those in the coastal

waters, 45.00–45.20.

Hayashi and Suzuki (1957) analyzed the vertebral count data of postlarvae from the Pacific waters and the Seto Inland Sea. Through analysis of correlation between the counts and temperature, they concluded that the commercial *shirasu* catch is mainly composed of one-month old fish. It was noted that the seasonal fluctuation in the mean counts varied remarkably depending upon locality and year. Hayashi and Kondô (1957), working with the count data taken on the Pacific coast of Honshû during the years from 1953 to 1955, re-confirmed the seasonal variation of the mean counts of the fish in the first year of life and the mixture of the different time-groups in the later years. Asami and Hanaoka (1957) worked on several aspects of variability of the vertebral counts of the fish landed in the Miyazaki Prefecture. They concluded that length-dependent change in the counts was obvious among small sized fish but became obscure when the fish exceeded 10 cm in body length. Watanabe (1958 a) described the vertebral count data accumulated for a period from April 1954 to March 1958. He indicated the seasonal fluctuation in the mean counts of various length-groups, annual fluctuation in the mean counts and mixture of space-time-groups that exceeded 6 cm in body length. Tamura (1958) re-examined the vertebral count data taken from the Tôkai, Nankai and Japan Sea Regions. According to Kobata (1959), who investigated materials taken in the waters off the Yamaguchi Prefecture, the fish spawned in different seasons of the year might have mixed with each other after they reached to 6 cm in body length. He also noticed the annual variation of the mean counts, probably attributed to the change in proportions of stock sizes of different time-groups. Dealing with postlarvae in the Nankai Region, Asami (1959) attempted to calculate the proportions of spring- and autumn-groups among grown stocks on the basis of the assumption that the mean vertebral count of each time-group was constant from year to year. Hayashi and Suzuki (1959) described the morphology, development and abnormality of vertebrae of the anchovy at various stages over 19 mm in total length.

Thus, the major effort of previous works has been laid on the seasonal variation of the mean vertebral counts as a clue to segregating the fish of different time-groups, and only a few workers dealt with the local variation of these counts.

Section 3–2. Materials and methods

Three series of special researches were designed to collect the basic information on the meristic variations of postlarval anchovy from the central and western coast of the Pacific (Fig. 14). The first research was conducted in 1954 to surmise the seasonal and local variations of the vertebral counts of the fish inhabiting the waters along the Pacific coast of Honshû; the second research, a morphological study of the vertebrae, was designed in 1956 and 1957 to obtain accurate count data of the postlarvae as well as the grown fish in the routine surveys; and the third, an ex-

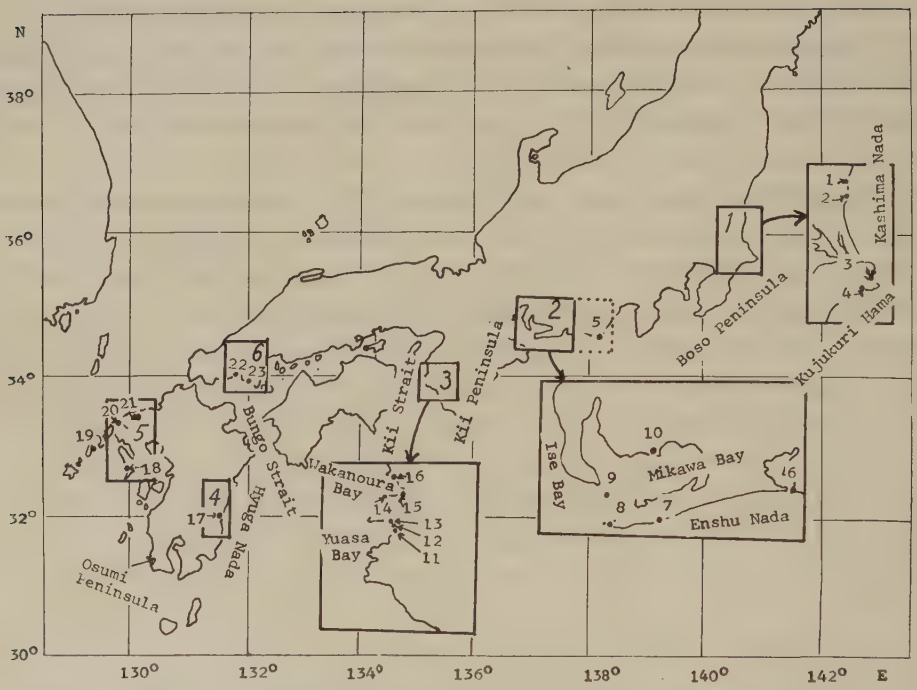


Fig. 14. Map of the southwestern part of Japan with index of geographical positions in Alphabetic order.

Area	
East Area of Kyûshû	4
East Pacific Area of Honshû	1
Southwest Area of Kii Peninsula	3
West Area of Kyûshû	5
West Pacific Area of Honshû	2
West Area of Seto Inland Sea	6

Port of Landing			
Akabane	7	Nagasaki	18
Fukukawa	22	Nishiura	10
Hazaki	3	Ôarai	1
Hikari	23	Ôsaki	14
Hiyamizuura	15	Shinhoshika	20
Iioka	4	Shinojima	9
Irako	8	Subara	13
Karatsu	21	Tasukawa	12
Kitamatsuura	19	Totoro	17
Kuji	2	Wakanoura	16
Maisaka	6	Yoshida	5
		Yuasa	11

tensive sampling, was carried out during February 1957 through April 1959 in order to measure the extent of the local, seasonal and annual variations of the three meristic characters.

The sampling ports* are distributed in six general areas. They are the East Pacific Area of Honshû (Ibaraki and Chiba Prefectures), the West Pacific Area of Honshû (Shizuoka and Aichi Prefectures), the Southwest Area of Kii Peninsula (Wakayama Prefecture), the East Area of Kyûshû (Miyazaki Prefecture), the West Area of Kyûshû (Nagasaki and Saga Prefectures), and the West Area of the Seto Inland Sea (Yamaguchi Prefecture). In this chapter, these areas are often abbreviated as follows:

East Pacific Area of Honshû ..... East Honshû
West Pacific Area of Honshû ..... West Honshû
Southwest Area of Kii Peninsula ..... Kii Peninsula
East Area of Kyûshû ..... East Kyûshû
West Area of Kyûshû ..... West Kyûshû
West Area of the Seto Inland Sea ..... Seto Inland Sea

In each area except East Kyûshû, the samples were collected at two or more ports. The ports in the East and West Pacific Areas of Honshû and the Southwest Area of Kii Peninsula are classified into two or more subareas. There is ecological and topographical reasons to distinguish the landing ports in Ibaraki Prefecture into northern ports, *i.e.* Ôarai and Kuji, and a southern port, *i. e.* Hazaki, since the fishing grounds in the former subarea are located on the Kashima Nada of the open coast, while those in the latter subarea are located in the waters influenced by the outflow of the Tone River. The West Pacific Area of Honshû can be divided into two subareas, *i.e.* Enshû Nada (represented by Maisaka, Yoshida and Akabane) and Mikawa Bay (represented by ports in Aichi Prefecture except Akabane). These two subareas differ ecologically from each other; the former faces on the open sea receiving influence of the Kuroshio Current and the latter is a shallow bay with low salinity. The division of the Southwest Area of Kii Peninsula is not significant. Both Wakanoura Bay (represented by Wakanoura, Hiyamizuura and Ôsaki) and Yuasa Bay (represented by Subara, Yuasa and Tasukawa) are closely located to each other and seem to have similar oceanographic features.

In the above series of researches, each sample consists of 50-100 specimens taken from a fishing boat during one day. Most of them were preserved in 10 percent formalin, and those from Ibaraki Prefecture in 70 percent ethyl alcohol. From each sample, a subsample comprising either 20 or 40 specimens larger than 19 mm in total length was drawn either randomly or systematically. They were sorted according to size groups divided by a 2-mm interval, and usually stained by alizarin red S for counting the meristic characters. The procedures differed slightly between the three series of samples.

* The fisning boats for *shirasu* are operated in the waters adjacent to the landing port.

Procedure in 1954.

The materials for the preliminary survey were collected at Iioka and Akabane (Table 9). In addition, a series of data was provided from Nobeoka Branch of the Nankai Regional Fisheries Research Laboratory.

Table 9. Samples collected in 1954.

Area	Port	Fishing gear	Duration of time	Number of samples	Specimens examined	Participating Agency
East Honshû	Iioka	Boat seine	May-Nov.	10	200	Chôshi Br., Chiba PFES
West Honshû	Akabane	Boat & beach seines	Jan.-Dec.	23	460	Aichi PFES
East Kyûshû	Totoro*	Boat seine	Jan.-Dec.	36	720	Nobeoka Br., Nankai RFRL
Total				69	1,380	

* Counted in Nobeoka Branch, Nankai Regional Fisheries Research Laboratory.

In the Tôkai Laboratory, the large sized specimens between 41 and 49 mm in total length were prepared for counting the vertebral centra with X-ray photographs. The smaller fish comprising a greater part of the samples were stained by a modified Mall's preparation and then photographed.

Table 10. Samples collected in 1956 (postlarvae and juveniles).

Area	Port	Fishing gear	Duration of time	Number of samples	Specimens examined	Participating Agency
East Honshû	Iioka	Beach seine	Apr.-Oct.	12	240	Chôshi Br., Chiba PFES
West Honshû	Akabane	Boat seine	Apr.-Oct.	9	180	Aichi PFES
	Nishiura	Beach seine	May, June	6	120	
	Irako	Beach & boat seines	Apr.-July	5	100	
	Shinojima	Boat seine	Oct., Nov.	4	80	
	Handa*	Boat seine	May	1	20	
Others*			Apr.-July	13	260	Iwate, Kanagawa, Aichi and Mie PFES
Total				50	1,000	

* Not included in the quantitative studies.

Morphological study of vertebrae.

The materials for stating the morphological features of the vertebrae and related bones consists of 19 grown fish and 1,000 postlarvae. The date and locality of collection of the grown fish are as follows: two large fish over 13.0 cm in body length taken at Onahama, Fukushima Prefecture, in April 1956, and two similar ones from

south of Ôsumi Peninsula, Kagoshima Prefecture, in February 1957; and four large fish of 10.1-13.9 cm, six medium ones of 5.4-9.0 cm and five small ones of 3.5-5.1 cm taken at Kurihama, Kanagawa Prefecture, in July 1957. Twenty postlarvae were taken from each of 50 samples obtained at 10 ports along the Pacific coast of Honshû (Table 10). They ranged between 19 and 41 mm in total length. The materials were stained by the method aforementioned, and observed with the aid of a dissecting microscope or a projector with a magnification of ten diameters.

Procedure in 1957 through 1959.

Materials were provided from the catch at 23 ports, mainly along the Pacific coast of Honshû. At Maisaka, the samples were taken every seventh day from five boats chosen systematicaly. At other ports, the samples, boats and days were chosen at random or occasionally. From each sample taken at the ports except Maisaka, each subsample was drawn at random from fish larger than 19 mm. Each subsample collected at Maisaka was taken so as to represent the length frequency of the sample. When a subsample included small fish less than 19 mm, specimens of the same number were added so that the length composition of the final subsample was proportionate to the original one of the fish over 19 mm (Table 11).

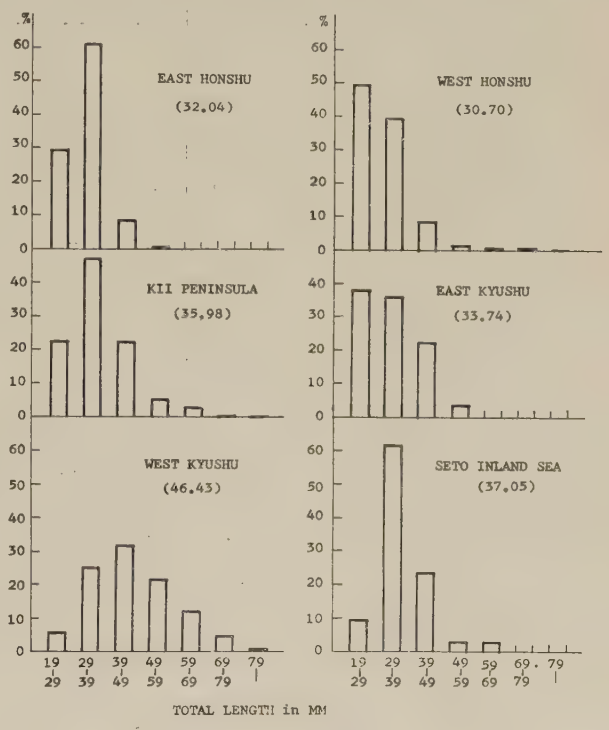


Fig. 15. Areal length frequencies of samples taken in 1957–59.
Numerals in parentheses indicate the areal mean length in mm.

Most samples, except those from the West Area of Kyûshû are fairly homogeneous groups, the average total length being 30–37 mm with a standard deviation of 3 to 6 mm. Samples from the exceptional area are slightly larger, 46 mm in mean length (Fig. 15). In the warmer months, there appear several samples comprising extraordinarily large fish. For instance, most samples from Maisaka are found with the above values of mean length (Fig. 16) and standard deviation. Exceptionally large mean and variation of the length appear in some samples taken during May through September: average total length is large, 33.7 to 66.1 mm for five samples taken on August 19; a sample

Table 11. Samples collected during April 1957 through April 1959.

Area	Port	Fishing gear	Duration of time	Vertebrae		Fin rays		Participating Agency
				Number of samples	Specimens examined	Number of samples	Specimens examined	
East Pacific Area of Honshû	Ôarai	Boat seine	Apr.-Sept. 1958	19	380	19	380	Ibaraki PFES
	Kuji	Boat seine	May 1958	3	60	3	60	
	Hazaki	Boat seine	May 1958	3	60	3	60	
	Iioka	Boat seine	Feb.-Dec. 1957	25	980	24	480	Chôshi Br., Chiba PFES
West Pacific Area of Honshû	Yoshida	Boat seine	June, Oct. 1957	2	80	2	40	Shizuoka PFES
	Maisaka	Boat seine	Apr.-Dec. 1958	159	3,840 (131)	159	3,840 (131)	Hamanako Br., Shizuoka PFES
	Akabane	Beach seine	June-Dec. 1958	5	120	5	120	Aichi PFES
		Boat seine	Apr.-Nov. 1957	31	820 (2)	31	700 (2)	
	Irako	Boat seine	June, Oct. 1958	3	60	3	60	
	Shinojima	Beach seine	May-Sept. 1957	4	140	3	60	
		Boat seine	June 1957 & Aug., Oct. 1958	14	480 (2)	14	300 (2)	
	Nishiura	Beach seine	May, June 1958	4	80	4	80	
		Boat seine	May, Aug. 1958	2	60	2	60	
Southwest Area of Kii Peninsula	Ôsaki	Set net	June 1958	1	20	1	20	Wakayama PFES
	Hiyamizuura	Boat seine	Apr.-Nov. 1958 & Feb., March 1959	30	620	30	620	

Table 11. Samples collected during April 1957 through April 1959. Continued.

Area	Port	Fishing gear	Duration of time	Vertebrae		Fin rays		Participating Agency
				Number of samples	Specimens examined	Number of samples	Specimens examined	
Southwest Area of Kii Peninsura	Tasukawa	Boat seine	May, June 1958	5	120	5	120	Wakayama PFES
	Subara	Boat seine	June, July 1958	7	140	7	140	
	Yuasa	Boat seine	Aug.-Dec. 1958 & Jan.-April 1959	25	500	25	500	
	Wakanoura	Boat seine	April 1959	2	40	2	40	
East Area of Kyûshû	Totoro	Boat seine	May, June 1958	8	160	8	160	Nobeoka Br., Nankai RFRL
West Area of Kyûshû	Nagasaki	Boat seine	May, June 1958	17	340	17	340	Nagasaki PFES & Seikai RFRL
	Kitamatsuura	Boat seine	May-July 1958	11	240	11	240	
	Shinhoshika	Boat seine	May-July 1958	9	180	9	180	
	Karatsu	Set Net	June 1958	1	20	1	20	Saga PFES & Seikai PFRL
		Beach seine	May 1958	2	60	2	60	
		Boat seine	May 1958	3	60	3	60	
West Area of Seto Inland Sea	Hikari	Boat seine	July-Nov. 1958	7	180	7	180	Yamaguchi Naikai PFES
	Fukukawa	Boat seine	July-Dec. 1958	7	160	7	160	
Total				490	10,000 (135)	407	9,080 (135)	

Numerals in parentheses indicate number of additional specimens less than 19 mm in total length.

taken on May 26 shows a large standard deviation of 10.4 mm, and the deviations of all five samples on August 11 exceed 6 mm ; and a sample taken on September 30 is found with large values of mean (57.3 mm), range (from 33 mm to 79 mm) and standard deviation (18.2 mm).

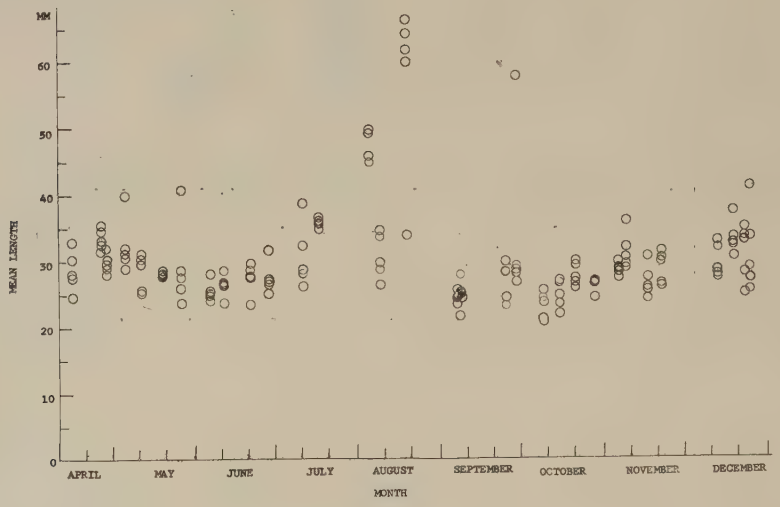


Fig. 16. Sample means of total length of postlarvae taken at Maisaka in 1958.

The staining method was improved as follows ; (1) the procedure was conducted at a fairly constant temperature from 28° to 30°C in order to keep the time required for each process be constant ; (2) the concentration of alizarin red S in a part of the staining solution was decreased to 0.1 percent instead of 1 percent, as an adjustment for the rised temperature ; and (3) the vertebrae were counted twice by each of two workers under a dissecting microscope. The fins were removed from the body with dissecting needles and counted twice for both rays and interspinous bones by each of two workers.

Minimal size for the survey.

Yokota (1953, p. 166) reported that the hypurals of the anchovy began to appear in the postlarvae measuring 10 mm in total length and total vertebral segments were counted completly in the fish larger than 23 mm in the length. Odate (1957, p. 122) was able to count the vertebrae of 84 percent of his specimens ranging from 19 to 23 mm in total length by applying Clothier's method. As to median fin rays of a related species, *E. mordax*, McHugh (1951) stated that the species specific numbers were firstly found in the fish measuring 30 mm in standard length.

The author's previous method, used in 1954 and 1956, gave satisfactory results in staining vertebrae of fish measuring 19 mm or longer in total length but not for smaller ones. In order to determine the minimal size for studies of dorsal and anal fin ray counts in addition to vertebral counts by the modified method adopted in and after 1957, 363 specimens ranging between 13 and 21 mm in total length from

Maisaka were examined by two workers. When the counts by the two person disagreed, or when one person was not able to give any definite count for a specimen, the fish was sorted to "uncountable" group. By the examination it is revealed that the solution can clearly stain the vertebrae and rays of postlarvae ranging from 19 to 21 mm in total length. The uncountable specimens appear in the class between 17 and 19 mm; the number of uncountable fish increases for the smaller classes; the well calcified vertebrae are more easily counted than the fin rays that are less differenciated at the stage under discussion (Table 12). Since the solution stained clearly vertebrae and fin rays of all the fish over 19 mm, a 19-mm total length is considered as the minimal size for studies of these meristic characters if the above procedures are used. Examination of size-dependent change in the mean counts supports the conclusion (pp. 191, 201, 207, 208).

Table 12. Percentages of uncountable specimens smaller than 21 mm in total length taken at Maisaka in 1958.

Length class	Number of specimens	Characters		
		Vertebra	Dorsal fin ray	Anal fin ray
mm		%	%	%
13–15	2	50.0	100.0	100.0
15–17	33	6.1	9.1	12.3
17–19	96	1.0	3.1	10.4
19–21	232	—	—	—

Treatment of abnormal vertebrae.

Among 1,000 postlarvae collected in 1956, abnormal vertebrae appear in 257 specimens. Excluding aberrancy of one or two centra, which appear in only four percent of all the abnormal individuals, the abnormality was classified into two groups; duplication of the neural spine or neural and haemal spines on either one or both of the penultimate and antepenultimate centra, and reduction of these spines on either one of these two centra. Fish with these two types of abnormalities comprised 96 percent of all the abnormal individuals; 85 percent for duplication and 11 percent for reduction. The mean counts of the abnormal individuals significantly differed, lower by around 0.4 of an element for the fish with excess spines or higher by similar figure for those with reduced spines, than the mean of the normal individuals. But neither season nor area was found to be significant source of variation of frequency of all the abnormal fish and of the difference between mean counts of normal and abnormal individuals. For these reasons, the vertebral centra with reduced or duplicated neural and/or haemal spines were counted as one element, while a few fish with aberrant centra were replaced by other fish of the same length in the samples.

Statistical test.

Some workers examined the frequency distribution of vertebral counts in segregating fish stocks (Schnakenbeck 1931, Tamura 1955, 1958). Statistically this kind of

examination is to be conducted through a chi-square test. It is required for this test that five or more specimens are involved in each cell sorted by count and by other criteria such as sample, month or port (Cochran 1954, pp. 420, 421). But usually the requirement is not satisfied in the tails of the distribution (*e. g.* 43 or 47 class of vertebral counts of the anchovy). A method has been presented for small samples but it involves tedious numerical calculations (Haldane 1939).

On the other hand the mean counts give more practical meaning than the frequencies, and many workers used the analysis of variance in the studies of meristic variation. Strictly speaking, however, the analysis involves a defficiency for examining the meristic variation. The test is valid when the original data are distributed normally, while the meristic characters are digital in nature. Buchanan-Wollaston (1933, pp. 11–13) assumed that the physiological variable underlying the determination of vertebral counts was distributed along the normal curve, and then he treated the count data as grouped for convenience. His assumption seems to be supported by the fact that individuals with abnormal neural or haemal spines on one or two vertebra have the intermediate values of the mean counts (p. 185).

Another requisite for the analysis of variance is that all the units of classification or "cells" (*e. g.* the sample, port, month or their combination etc.) have a common variance. In view of the relatively wide scatter in sample variances that ranged from 0.05 to 0.56 in vertebrae, from 0 to 0.57 in dorsal fin rays, and from 0.17 to 1.40 in anal fin rays (Fig. 17), Bartlett's test was applied to confirm the above assumption. It is found to be true that the sample variances are undoubtedly homogeneous for vertebrae (Pr. $(x^2)=0.75$), but inconsistent with normal sampling variation for anal fin rays (Pr. $(x^2)=0.11$). In dorsal fin ray counts, the homogeneity of sample variances is disturbed by two facts. Firstly, two samples among 407 comprised all 20 individuals with a single value of 15 rays. As the specimens with 15 dorsal fin rays comprise 74 persent of total (p. 200), the probability to get these two samples from 407 is more than 80 percent. Secondly, the heterogeneity of variances was found among the rest 405 samples (Pr. $(x^2)=0.01$). This deficiency in the fin ray counts is overcome by combining the samples taken at a port in a month. Namely, the preliminary analyses usually showed no significant heterogeneity of means between samples within cells sorted according to the port and the month. Such homogeneity

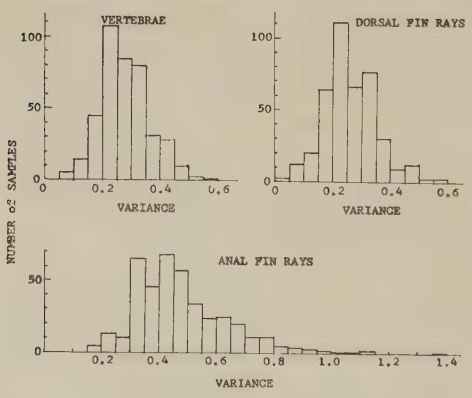


Fig. 17. Frequencies of sample mean counts of vertebrae, and dorsal and anal fin rays of portlarvae taken during 1957 through 1959.

in the means permits one to combine the samples for each cell. There is no heterogeneity among the variances within cells for both of dorsal fin ray counts (Pr. $(x^2)=0.50$) and anal fin ray counts (Pr. $(x^2)=0.70$).

Section 3–3. Number of vertebrae

Number of vertebrae has been widely used in studying the population structure of commercially important clupeoids. The studies in various extent covered five related species including *Engraulis encrasichorus*, *E. mordax*, *E. australis*, *Stolephorus purpureus* and *Cetengraulis mysticetus*.

E. encrasichorus, *E. australis* and *C. mysticetus* revealed the local segregation of the mean vertebral counts with the difference of one or more elements (Fage 1911, pp. 6–9, 1920, pp. 29–31, Blackburn 1950 a, pp. 58–63, Howard 1954, pp. 13–15, Berdegue 1958, p. 12). It was reported for *E. mordax*, *E. australis* and *S. purpureus* that the fish in the enclosed waters were associated with low means of the counts by about one or two elements than those in the open sea (Hubbs 1925, pp. 18, 19, Blackburn 1950 a, pp. 59–61, Tester and Hiatt 1952, p. 68). But no significant difference was found in the mean counts of *S. purpureus* from the areas except the waters of low salinity (Tester and Hiatt 1952, p. 68). Little difference was detected among the mean numbers of vertebrae of *E. mordax* taken on the coast extending over 1,500 miles from British Columbia to northern Baja California (Hubbs 1925, pp. 14–17, McHugh 1951, pp. 127–131). From central Baja California south, the mean decreased rapidly with latitude (McHugh 1951, pp. 130, 158).

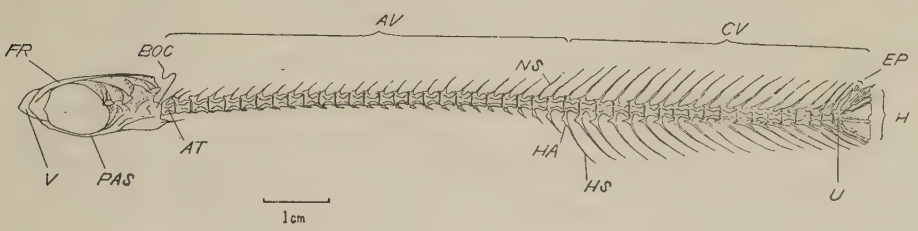


Fig. 18. Schematic showing of axial skeleton of the adult.
AT: atlas, AV: abdominal vertebrae, BOC: basioccipital, CV: caudal vertebrae, EP: epurals, FR: frontal, H: hypurals, HA: 1st haemal arch, HS: 1st haemal spine, NS: neural spine, PAS: parasphenoid, U: urostyle, V: vomer.

Variations associated with the spawning season and thus with the size of fish were recognized in the young of *E. mordax* inhabiting off central Baja California and north, but not for those in southern Baja California (Hubbs 1925, p. 17, McHugh 1951, pp. 126, 127, 131–133). The seasonal variation of the counts of *S. purpureus* was inconsistent (Tester and Hiatt 1952, pp. 62–65). Sexual dimorphism of the vertebral counts was rejected in *E. mordax* (McHugh 1951, p. 126), *S. purpureus* (Tester and Hiatt 1952, p. 61) and *C. mysticetus* (Howard 1954, p. 11).

Among these findings the seasonal fluctuation and identity between sexes in the mean vertebral counts are comparable with the previous results on the Japanese anchovy. In this section descriptions are given on the morphology of vertebral bones, the variability of individual counts and the seasonal, local and annual variations in the mean counts.

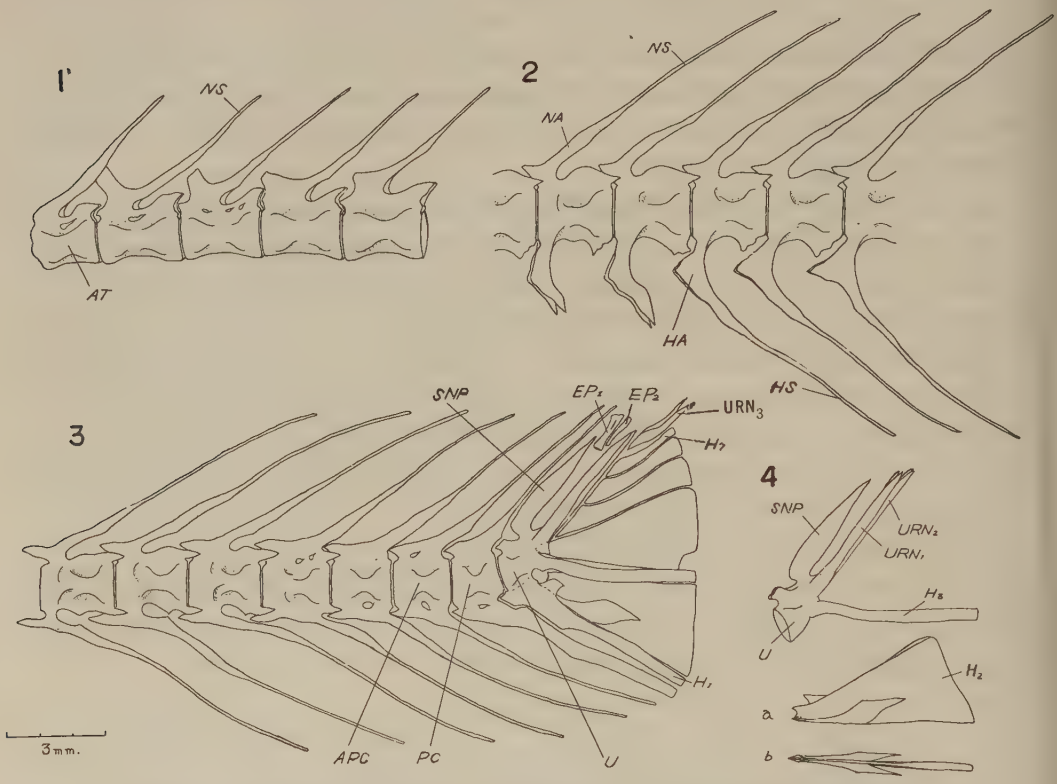


Fig. 19. Schematic showing of vertebrae and related bones of the adult.
1. Atlas and the succeeding bones. 2. 1st heamal arch and 1st haemal spine. 3. Tail. 4. Urostyle and its appendages: a. lateral view, b. apical view. APC: ante-penultimate centrum, EP_1 & EP_2: 1st & 2nd epurals, $H_1 \cdots H_7$: 1st···7th hypurals, PC: penultimate centrum, SNP: specialized neural process, $URN_1 \cdots URN_3$: 1st···3rd uroneurals.

Morphology and development.

The following is a description on vertebrae and the related bones of an adult fish, 13.0 cm in body length (II-age). The vertebral segments inclusive of atlas and urostyle number 45, inclusive of 26 abdominal and 19 caudal centra. The posterior end of hypurals is straight in their outline (Fig. 18). The atlas is shorter than the other centra, and has small parapophyses and a short but distinct neural spine (Fig. 19). The first caudal vertebra has a long haemal spine that provides no confusion in separating the abdominal and caudal parts even on X-ray photographs. The dorsal side of the penultimate centrum, just anterior to the urostyle, is slightly shorter than the ventral side. The neural spine of the penultimate is almost the

same length as that on the anterior vertebrae. Attached to the urostyle are three pairs of uroneurals, seven hypurals and two epurals. The neural spine of the urostyle is compressed and spindle in form. In studies of skeleton of Isospondyli, Hollister (1936) called this neural spine on the uroneural a "specialized neural process". Anterior two pairs of uroneurals, being the same in length each other, attach to the lateral and dorsal posterior sides of the urostyle, respectively, and the third pair, as long as one-third of the anterior uroneurals, attaches to the distal part of anterior pairs. Only the third hypural fuses firmly with the urostyle. A short wing-like process presents on each side of the anteroventral margin of the second hypural.

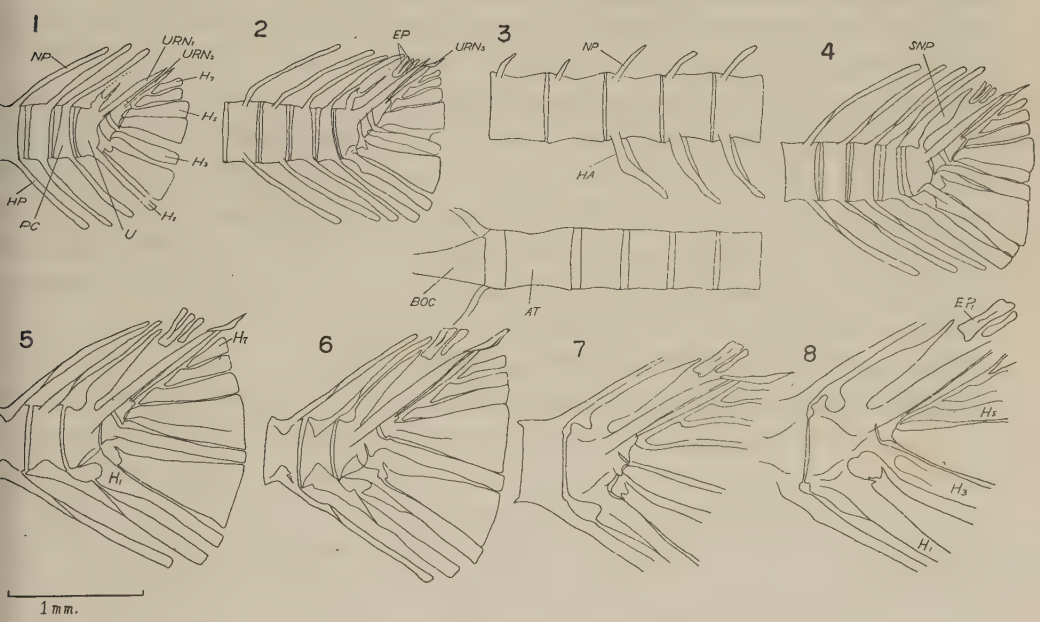


Fig. 20. Schematic showing of vertebrae of the postlarvae.

1. Tail, total length 19 mm. 2. Tail, t. l. 21 mm. 3. Anterior and middle parts of the vertebral colmun, t. l. 25 mm. 4. Tail, t. l. 25 mm. 5. Tail, t. l. 29 mm. 6. Tail, t. l. 31 mm. 7. Tail, t. l. 35 mm. 8. Tail, t. l. 45 mm.

HP: haemal process, NP: neural process

Small fish less than 7 cm in body length have vertebrae differing from those of adults in many points. Some of the differences are described to enable accurate counting in young fish. Vertebrae of postlarva of 19 mm in total length are counted easily, but appear with the following features distinguishing them from those of adults; the atlas is longer than the second centrum; the centra are simply cylindrical in form; the dorsal side of the penultimate is remarkably shorter than the ventral side; and the urostyle is divided into three parts (Fig. 20). The third uroneural and epurals are not yet well developed in a 19-mm postlarva, but are

obviously visible when the fish reaches to 21 mm in total length. The first epural in a postlarva of 21 mm is divided posteriorly into a Y-shape that disappears in adult. The specialized neural process is beginning to develop and is found as a short process in this stage. In a postlarva of 25 mm in total length, the haemal arches are completed, making it easy to discriminate the abdominal and caudal vertebrae. The neural process grows up so as to approach the epurals. The fourth and fifth hypurals start to lose their firm attachement to the urostyle. The specialized neural process is completed by the time when the fish attains 29 mm in total length. The vertebrae are clearly found to be constricted when the fish attains 31 mm. In a specimen of 33 mm, the parapophyses are obviously recognized and a specialized neural process is almost completely formed. The anterior two segments of the urostyle start to fuse with each other at a total length of about 35 mm, and later only two segments are found on the urostyle of a 37-mm specimen. Most of the fish at a stage of 45 mm have the urostyle without distinguishable segmentation. Vertebrae of young fish of 47 mm in total length have almost the same characteristics as those of the adult, except that the atlas is equal to, or slightly longer than the second vertebra. The individual variation is remarkable in the development of vertebrae in the young stage of about 5 cm in body length; a few of them have the urostyle with slight trace of segmentation. The atlas is still equal to the second centrum in length at a stage of 6 cm in body length.

In summarizing above, the atlas of the anchovy larger than 7 cm in body length is characterized by its reduced size and by having a distinct neural process. Therefore, one can easily distinguish the first bone of the vertebrae from the basioccipital and from the following centra even on an X-ray photograph. As the first haemal spine and the first haemal arch are supported on the same centrum, no confusion will arise in defining the abdominal and caudal parts of the vertebral elements. One also does not fall into any confusion in counting the vertebrae in tail section, because segmentation of the urostyle is absent, or very faint even in the small fish.

In the postlarvae and young, smaller than 6 cm in body length, the atlas is longer than, or almost equivalent with the following centra. The urostyle is segmented into two or three parts. These should be taken into account in counting vertebrae of young specimens.

Table 13. Frequency of vertebral counts of postlarvae taken in the southwestern part of Japan in 1954 and 1956–59.

	Number of vertebrae					
	Total	43	44	45	46	47
Number of fish	11,600	3	541	7,736	3,341	39
Percentage	100	0	5	66	29	0

Range and variation. The vertebral counts of the postlarvae taken during this study range from 43 to 47. About two-thirds of the fish are found with 45 vertebrae and only a few have 43 or 47 (Table 13). The mean counts of samples extend between 44.85 and 45.70, and their maxi-

mal difference reaches to 0.85 of an element. The variances of sample means are averaged as 0.28 with the range between 0.05 and 0.56, and indicate no heterogeneity (p. 186). The mean variances and their homogeneity agree with findings on the adults from the Pacific waters along Honshû (HAYASHI ms).

Variation with size of fish.

Through a systematic sampling, 3,840 postlarvae from 19 to 81 mm in total length were collected at Maisaka. Because the vertebral counts indicate large seasonal variation, the data are examined with two criteria, 3-month period (April-June, July-September, and October-December) and 10-mm interval of total length (19–29 mm, 29–39 mm, ··· 69–81 mm). According to the analysis of mean counts, the only significant source of the variation is the season; but neither the length nor the length-dependent difference of the seasonal fluctuation is significant (Table 14). For this reason, the length is not taken into account in the discussion of the vertebral counts of postlarvae of this length range.

Table 14. Analysis of variance of mean vertebral counts of postlarvae taken at Maisaka in 1958, by length and by season.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Length	5	0.2543
Season	2	7.1630***
Errors	3,857	0.2734
Interaction	5	0.2735
Within cells	3,852	0.2734

In tables of analyses of variance, singificant difference as a probability is indicated as;
* less than 5%, ** less than 1%, and *** less than 0.1%.

Seasonal and local variations in 1954.

The vertebral counts of postlarvae taken at three ports, Iioka, Akabane and Totoro, along the Pacific coast were examined with three criteria, month, port and sample at a port in a month. The examination indicates that the mean squares based on both the interaction between port and month, and the samples are negligible. The mean square based on the port is not as large as to be significant, although all the monthly means at Iioka are higher than those at two southern ports. The port means free from effect of the monthly difference are 45.25 for Iioka, 45.16 for Akabane and 45.18 for Totoro. The difference by month is highly significant (Table 15). The monthly means at a

Table 15. Analysis of variance of mean vertebral counts of postlarvae taken at Iioka, Akabane and Totoro in 1954.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Port	2	0.4530
Month	11	1.7604***
Errors	1,366	0.2687
Interaction	8	0.1581
Between samples	47	0.3005
Within samples	1,311	0.2683

For asterisks, see footnote of Table 14.

port is high in the spring, suddenly lowers in the summer, and increases again in the late autumn. The maximal monthly differences at a port are averaged to be 0.46 (Fig. 21).

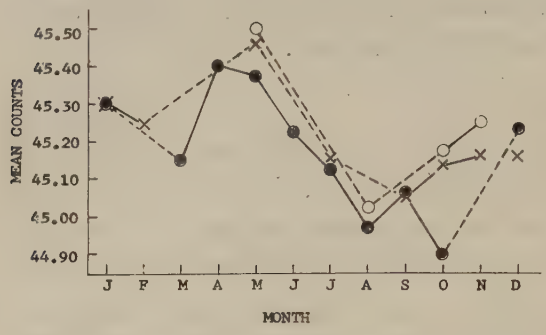


Fig. 21. Monthly means of vertebral counts of postlarvae taken at Iioka, Akabane and Totoro in 1954.
—○— at Iioka —●— at Akabane
—×— at Totoro

The fact that the locality and its interaction with the month are not significant sources of the variation among postlarvae in the Pacific waters enable one to pool these data together so as to compare them with data prepared for the catch off Hikari, the western part of the Seto Inland Sea, in 1953 and 1954 by Ôtsuka *et al.* (1955, pp. 18, 19). In an examination of the latter data, it is discovered that the month is only yet a conspicuous source of variation in the mean counts, that the interaction between the month and the year is close to the significant level, and that the mean squares due to the year and the samples in a month are far smaller than those due to the above sources (Table 16).

Table 16. Analysis of variance of mean vertebral counts of postlarvae taken at Hikari in 1953 and 1954.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Year	1	0.4825
Month	5	1.5574***
Errors	473	0.2523
Interaction	1	0.7784
Between samples	8	0.2590
Within samples	464	0.2506

For asterisks, see footnote of Table 14.

For these reasons the regional difference was examined by month with the postlarvae taken in 1954 from two areas, the Pacific waters and the Seto Inland Sea. According to the analysis with such criteria, two sources, the month and its interaction with the region, have significantly large mean squares (Table 17). The finding indicates that the seasonal fluctuation in the environments of spawning grounds differs from region to region.

Table 17. Analysis of variance of mean vertebral counts of postlarvae taken in the Pacific Areas and the Seto Inland Sea in 1954.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Area	1	0.3888
Month	5	2.0492***
Interaction	5	1.3972***
Errors	1,368	0.2451
Between samples	49	0.2118
Within samples	1,319	0.2464

For asterisks, see footnote of Table 14.

Seasonal and local variations in 1956.

Samples from Aichi Prefecture were supplied from the catch taken by several kinds of fisheries and landed at several ports. However, no segregation of the mean vertebral count was found among the samples taken at most ports that face on Mikawa Bay. As samples from several areas including Ise Bay are too scarce to the present study, the examination was carried out with the data taken in East Honshû (Iioka), and two subareas of West Honshû, *i. e.* Enshû Nada (Akabane) and Mikawa Bay (ports in Aichi Prefecture except Akabane and Handa). The criteria for the analysis are the month and the area as aforementioned. In this series of examination the month is found again to be only a significant source in determining the vertebral counts of the fish. The areal mean counts do not differ from each other. The values separated from the seasonal effect are 45.29 for Iioka, 45.30 for Enshû Nada, and 45.32 for Mikawa Bay. The seasonal fluctuation in the mean counts slightly differs depending upon area, while no segregation appears among samples taken in an area during a single month (Table 18). The mean count is again high in the spring, 45.41 in April, and low in the autumn, 45.13 in October (Fig. 22).

Table 18. Analysis of variance of mean vertebral counts of postlarvae taken in the Pacific waters of Honshû in 1956.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Area	2	0.0410
Month	6	1.3029***
Errors	731	0.2555
Interaction	8	0.4917
Between samples	20	0.2354
Within samples	703	0.2543

For asterisks, see footnote of Table 14.

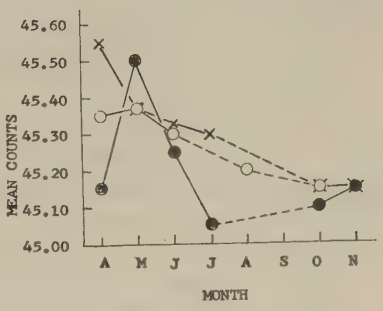


Fig. 22. Monthly means of vertebral counts of postlarvae taken at Iioka and Akabane and in Mikawa Bay in 1956.
—○— at Iioka
—●— at Akabane
—×— in Mikawa Bay

Seasonal and local variations in 1957.

Through an analysis of data sorted depending upon the month and the area, *i. e.* East Honshû (Iioka) and two subareas of West Honshû, Enshû Nada (Yoshida and Akabane) and Mikawa Bay (Shinojima), it is found that only a significant source of variation is the month, that the areal mean counts as well as their seasonal fluctu-

Table 19. Analysis of variance of mean vertebral counts of postlarvae taken at Iioka, Akabane and Shinojima in 1957.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Area	2	0.2733
Month	9	1.5427***
Errors	1,808	0.2892
Interaction	6	0.3796
Between samples	29	0.3932
Within samples	1,773	0.2872

For asterisks, see footnote of Table 14.

ations do not differ from one another, although the mean is slightly higher in specimens taken from East Honshû (45.31) than in those from Enshû Nada (45.25) and Mikawa Bay (45.23), and that the sample is a negligible source of variation of the counts of fish taken in the same month and area (Table 19). The higher mean counts are associated with the fish collected in the spring, 45.42 in May, and lower ones, with those in the autumn, 45.15 in October (Fig. 23).

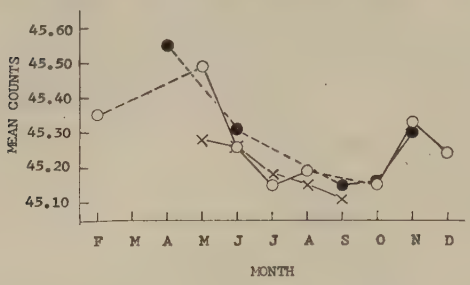


Fig. 23. Monthly means of vertebral counts of postlarvae taken at Iioka, on Enshû Nada and at Shinojima in 1957.
—○— at Iioka —●— on Enshû Nada
—×— at Shinojima

Seasonal and local variations in 1958 and 1959.

Because the data were taken at various localities for the period as aforementioned, the explanation of analysis is divided into two parts; the first description goes on the variation within areas and the second, on the variation between areas.

Table 20. Analysis of variance of mean vertebral counts of postlarvae taken at Ôarai, Kuji and Hazaki in May 1958.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Ports	2	0.7838*
Errors	197	0.2598
Between samples	7	0.2053
Within samples	190	0.2618

For asterisks, see footnote of Table 14.

In the East Pacific Area of Honshû most materials were taken at Ôarai, and the survey in only May covered the landings at all the three ports. Analysis of data taken in May indicates that the fish landed at Hazaki have less vertebrae, 45.15, by about 0.2 of an element than those at the northern two ports, *i.e.* Ôarai and Kuji, 45.35 (Fig. 24, Table 20). It is to be noted that the fishing boats based on Hazaki have operated in the waters under influence of the Tone River. Although the samples are too few to confirm the fact that postlarvae in the low saline waters have less vertebrae than the others, this is comparable with the findings on the related species (p. 187). As to the samples from the northern two ports it has been re-confirmed that the mean count is high in spring, 45.38 in April, and decreases since

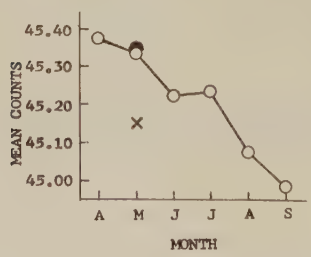


Fig. 24. Monthly means of vertebral counts of postlarvae taken at Ôarai, Kuji and Hazaki in 1958.
—○— at Ôarai — — at Kuji
—×— at Hazaki

then, less than 45.00 in September (Table 21, Fig. 24).

Prior to the comparison of the mean counts at all the ports in the West Pacific Area of Honshû as a whole, a special description is given for the monthly and daily changes in the counts of fish taken at Maisaka where a systematic sampling was conducted from the commercial catch. Even

Table 21. Analysis of variance of mean vertebral counts of postlarvae taken at Ôarai and Kuji in 1958.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Month	5	1.4482*
Errors	434	0.2652
Between samples	16	0.1259
Within samples	418	0.2706

For asterisks, see footnote of Table 14.

Table 22. Analysis of variance of mean vertebral counts of postlarvae taken at Maisaka in 1958.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Between months	8	2.5322***
Within months	3,831	0.2725
Between days	23	0.2795
Within days	3,808	0.2724
Between samples	127	0.2515
Within samples	3,681	0.2732

For asterisks, see footnote of Table 14.

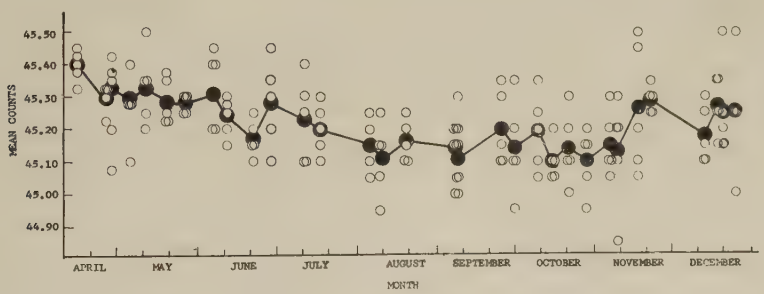


Fig. 25. Daily and sample means of vertebral counts of postlarvae taken at Maisaka in 1958.

—●— daily means ○ sample means

though only month is a conspicouous source of variation (Table 22), the daily change is suggested to have been fairly significant in June and November (Fig. 25). But no correlation is found between length and vertebral counts even in these exceptional months. The monthly mean of vertebral counts is the highest, 45.34, in April, decreases to 45.14 in August and following two months, increases

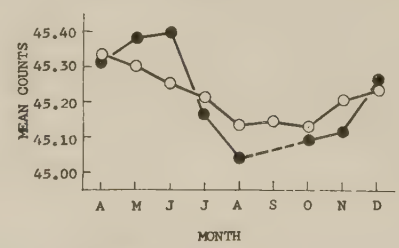


Fig. 26. Monthly means of vertebral counts of postlarvae taken at Maisaka and Akabane in 1958.

—○— at Maisaka —●— at Akabane

Table 23. Analysis of variance of mean vertebral counts of postlarvae taken at Maisaka and Akabane in 1958.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Port	1	0.2411
Month	8	3.4647***
Errors	4,530	0.2743
Interaction	7	0.4626
Between samples	172	0.2792
Within samples	4,351	0.2738

For asterisks, see footnote of Table 14.

Table 24. Analysis of variance of mean vertebral counts of postlarvae taken at Shinojima, Irako and Nishiura in 1958.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Port	2	0.0240
Month	3	0.1162
Errors	294	0.2619
Interaction	1	0.0129
Between samples	6	0.0306
Within samples	287	0.2676

since November and reaches to 45.24 in December (Fig. 26). A similar monthly fluctuation in the counts is found for the fish taken at Akabane, which have almost the same number of bones with those at Maisaka taken in the same months (Fig. 26). And then no segregation of the

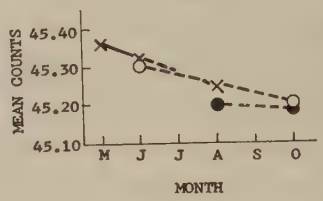


Fig. 27. Monthly means of vertebral counts of postlarvae taken at Shinojima, Irako and Nishiura in 1958.
—○— at Shinojima
— — at Irako
—×— at Nishiura

counts is detected between fish taken at these two ports (Table 23). The mean counts of the postlarvae in Mikawa Bay do not indicate any appreciable variation (Table 24), although they are found to be on a steady decrease from 45.35 in May to 45.20 in October at all the three ports (Fig. 27). A comparison of materials in the same months from two subareas indicates only a slight local difference, 45.20 for Enshû Nada and 45.26 for Mikawa Bay, as well as the remarkable seasonal fluctuation (Table 25). Therefore, the materials are pooled in the following analysis.

Table 25. Analysis of variance of mean vertebral counts of postlarvae taken from Enshû Nada and Mikawa Bay in 1958.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Subarea	1	1.1358*
Month	3	6.0709***
Errors	2,455	0.2691
Interaction	3	0.0357
Within cells	2,452	0.2694

For asterisks, see footnote of Table 14.

Table 26. Analysis of variance of mean vertebral counts of postlarvae taken in the Southwest Area of Kii Peninsula from April 1958 to April 1959.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Bay	1	0.2269
Month	12	1.5025***
Errors	1,426	0.2703
Interaction	8	0.2390
Between samples	48	0.3788
Within samples	1,370	0.2667

For asterisks, see footnote of Table 14.

Three ports in Wakayama Prefecture face on Wakanoura Bay, and the other three, on Yuasa Bay. No difference is found between mean vertebral counts of the fish from these two bays that are located very closely to each other, but a remarkable monthly change is shown; the mean counts are about 45.30 in April through June 1958, decrease to less than 45.20 in July through September, drop to nearly 45.00 in October and increase since then, reaching 45.30 by April of the next year (Fig. 28, Table 26).

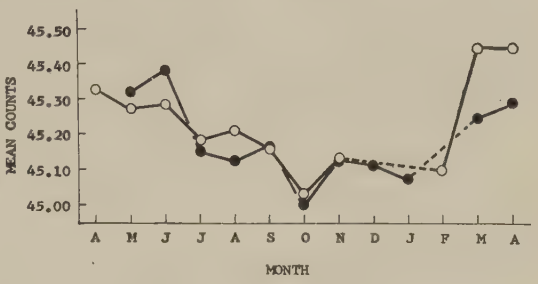


Fig. 28. Monthly means of vertebral counts of postlarvae taken in Wakanoura Bay and Yuasa Bay during April 1958 through April 1959.
—○— in Wakanoura Bay
—●— in Yuasa Bay

Most specimens from the West Area of Kyûshû were taken at three ports in Nagasaki Prefecture. The fish taken at Nagasaki have less vertebrae, 45.30 on the average, than those at other two ports, 45.40 on the average (Table 27). But the sample size is not so adequate as to confirm the above local difference, and the vertebral counts of all the individuals from this prefecture are averaged to be 45.37. Fragmental data from Saga Prefecture show a slight variation of the counts depending upon the method of fishing, 45.58 for catch of beach seine and 45.40 for that of set net and boat seine, but the sample size is far less to draw any conclusion. Therefore, all the postlarvae provided from the two subareas are combined for the following analysis.

Table 27. Analysis of variance of mean vertebral counts of postlarvae taken at Nagasaki, Kitamatsuura and Shinhoshika in 1958.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Port	2	0.9256*
Month	2	0.2968
Errors	755	0.2956
Interaction	3	0.0529
Between samples	29	0.1901
Within samples	723	0.3008

For asterisks, see footnote of Table 41.

Table 28. Analysis of variance of mean vertebral counts of postlarvae taken at Hikari and Fukukawa in 1958.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Port	1	0.0050
Month	2	0.4173
Errors	333	0.2937
Interaction	2	0.8900*
Between samples	5	0.2617
Within samples	326	0.2906

For asterisks, see footnote of Table 14.

As to the mean vertebral counts of fish taken at Hikari and Fukukawa on the Seto Inland Sea, the analysis indicates fairly large difference in seasonal fluctuation depending upon port (Table 28). Namely, the monthly mean

ranges between 45.10 and 45.20 in samples obtained during the later half of the year at Hikari, while it is high, 45. 45, in July and decreases to 45.10 during autumn and winter in samples obtained from Fukukawa (Fig. 29). Taking it into account that the sample size is small, however, this difference is disregarded and all the data from the area are combined for the following analysis.

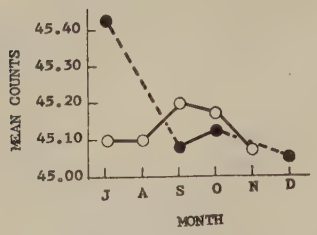


Fig. 29. Monthly means of vertebral counts of porstlarvae taken at Hikari and Fukukawa in 1958.
—○— at Hikari
—●— at Fukukawa

Because of the difference in sampling procedure, especially that of the season of collection, any single analysis is not appropriate to determine the extent of areal variation in the vertebral counts. The homogeneity of the mean vertebral counts in an area during a single month permits one to examine the data sorted depending upon area and month (Table 29). The following description presents results of analyses of variance of data included into three combinations, (1) the East and West Pacific Areas of Honshû, and the

Table 29. Analyses of variance of areal and monthly mean vertebral counts of postlarvae taken in 1958.

Period	April-September		May-July		July-December	
Area	East & West Honshû, and Kii Peninsula		East & West Honshû, Kii Peninsula and East & West Kyûshû		West Honshû, Kii Peninsula and Seto Inland Sea	
Source of variation	*d. f.*	Mean square	*d. f.*	Mean square	*d. f.*	Mean square
Area	2	0.4727	4	1.6002***	2	0.3889
Month	5	5.8787***	2	2.2720***	5	1.0389**
Errors	4,552	0.2784	3,553	0.2812	3,892	0.2681
Interaction	10	0.2575	7	0.1959	10	0.4263
Within cells	4,542	0.2785	3,546	0.2814	3,882	0.2677

For asterisks, see footnote of Table 14.

Southwest Area of Kii Peninsula during April through September, (2) the East and West Pacific Areas of Honshû, the Southwest Area of Kii Peninsula, and the East and West Areas of Kyûshû during May through July, and (3) the West Pacific Area of Honshû, the Southwest Area of Kii Peninsula, and the West Area of the Seto Inland Sea during July through December. The combination (1) covering the three areas along the Pacific coast shows that the vertebral counts fluctuate from month to month everywhere with the same tendency. As to the combination (2) that includes the meterials taken in five areas extending from East Honshû to West Kyûshû. variance associated with the area is comparable with that based on the month. The mean is high in the fish obtained from the west and low in those from the east ; 45.25 for East Honshû, 45.27 for West Honshû, 45.28 for Kii Peninsula, 45.29 for East Kyûshû, and 45.36 for West Kyûshû. Accoding to analysis of data of com-

bination (3), the seasonal fluctuation in the Seto Inland Sea is found to differ from that in the Pacific waters of Honshû.

Annual variation.

As aforementioned, it was suggested for the postlarval anchovy taken in two successive years at a port on the Seto Inland Sea that the seasonal fluctuation in the mean vertebral counts differed from year to year (p. 192). Annual variation in the counts of the seasonal fluctuation was re-examined with two sets of data, one taken at Iioka in 1954, 1956 and 1957, and the other, in the West Pacific Area of Honshû in 1954, 1956, 1957 and 1958. Both analyses indicate that the seasonal changes do not differ depending on year (Table 30). Data from the West Pacific Area of Honshû indicates a slight annual variation in the mean counts, 45.18 for 1954, 45.27 for 1956, 45.25 for 1957 and 45.23 for 1958.

Table 30. Analyses of variance of yearly and monthly mean vertebral counts of postlarvae taken at Iioka and in West Honshû.

Area	Iioka		West Honshû	
Year	1954, 1956 & 1957		1954 & 1956 through 1958	
Source of variation	*d. f.*	Mean square	*d. f.*	Mean square
Year	2	0.1862	3	0.7386*
Month	8	1.6951***	10	4.5852***
Errors	1,409	0.2783	6,626	0.2728
Interaction	6	0.2506	19	0.3355
Within cells	1,403	0.2784	6,607	0.2726

For asterisks, see footnote of Table 14.

Section 3–4. Number of dorsal fin rays

Previous studies on dorsal fin ray counts have covered four species inclusive of *Engraulis encrasicholus*, *E. mordax*, *E. australis* and *Cetengraulis mysticetus*. Fage (1911, pp. 6–9) reported that modal number of dorsal fin rays of *E. encrasicholus* was less by one element in samples obtained from the Mediterranean Sea than in those from the Atlantic Ocean. According to Blackburn (1950 a, pp. 64, 65) the character was of less importance than the vertebral number, but still appreciable in identifying subspecies of *E. australis*. In addition, he pointed out the fin ray counts of the fish in the enclosed and low saline waters being less than those in the outer water. McHugh (1951, pp. 140–143) stated that the dorsal fin ray counts revealed local groups of *E. mordax* distributed from British Columbia to central Baja California, which showed no segregation on the basis of vertebral counts, that the sexual dimorphism was consistent although the actual difference between males and females reached to only 0.12 of an element, and that the mean counts indicate only slight seasonal change. Howard (1954, p. 15) wrote that the dorsal fin ray counts of *C. mysticetus* in the

Gulf of Panama differed depending upon neither locality nor sex.

As to the Japanese anchovy, no information has been published on the variation of this character in regard of the structure of the population. The following description covers shape of the fin ray, variability in the individual counts, and the seasonal, local and annual variations of the mean counts.

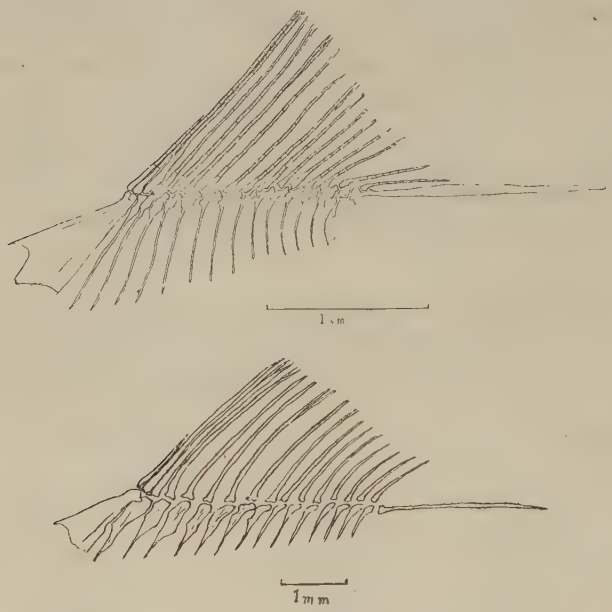


Fig. 30. Schematic showing of dorsal fin and interneurals of anchovy
1. Adult, 11.9 cm in body length.
2. Postlarva, 35 mm in total length.

Morphology.

The dorsal fin consists of an anterior series of unbranched rays and a following series of branched rays. The anteriormost two rays are very small and excluded from the counts. The first ray (exclusive of the above small rays) is shorter than the posterior ones. Each ray is supported by an interneural bone. The anterior two bones fuse together and form a plate-like part near the base. A long filament attaches behind the fin beneath skin (Fig. 30). One can easily count the dorsal fin rays if he notices the anterior fused interneurals, the posterior filament and the relationship between numbers of the fin rays and interneurals. These features are recognized even in the postlarvae smaller than 20 mm in total length, except for the anterior two interneurals that are not yet fused completely. The fusion is almost completed in the postlarva measuring 30 mm in total length.

Table 31. Frequency of dorsal fin ray counts of postlarvae taken in the south-western part of Japan in 1958 and 1959.

	Number of dorsal fin rays					
	Total	13	14	15	16	17
Number of fish	9,080	4	1,347	6,750	973	6
Percentage	100	0	15	74	11	0

Range and variation.

The number of dorsal fin rays fluctuates from 13 to 17. About three quarters of 9,080 specimens are provided with 15 rays, and fish with the extreme ray counts, 13 or 17, are negligible in number (Table 31). The sample means range from 14.60

to 15.35. Variances of sample means extend between 0 and 0.57 (0.25 on the average), and significantly differ from each other.

Variation with size of fish.

According to the examination of the postlarvae taken at Maisaka, the mean dorsal fin ray counts by length class for the whole season do not differ from each other (Table 32). The seasonal fluctuation in the counts also does not differ significantly between length classes, although a detailed examination of data indicates that the mean counts increase for large sized fish in spring, for medium sized fish in summer, and for small sized fish in autumn (Fig. 31). For this reason it is evident that the dorsal fin ray counts do not change after the fish attain 19 mm in total length. This is contrary to the findings by McHugh (1951, pp. 140, 141), in which the species specific number was present when the postlarvae attained 30 mm in standard length. It is quite probable that increase in the fin ray counts with growth of the fish reported for *E. mordax* might be resulted from the fact that McHugh's samples were mainly taken in spring (*loc. cit.* p. 143) when the larger fish may have grown under lower temperature, and thus they had more numerous rays than the smaller ones. For this reason, the length is disregarded in the following analysis of counts.

Table 32. Analysis of variance of mean dorsal fin ray counts of postlarvae taken at Maisaka in 1958, by length and by season.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Length	5	0.4662
Season	2	2.2870***
Errors	3,832	0.2446
Interaction	5	0.5715
Within cells	3,827	0.2441

For asterisks, see footnote of Table 14.

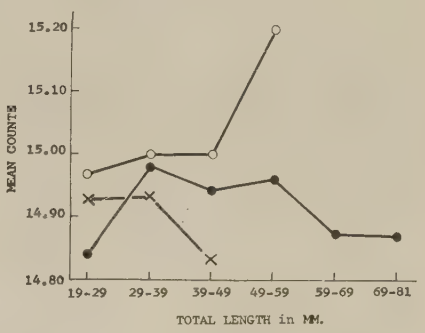


Fig. 31. Mean dorsal fin ray counts of postlarvae of different length classes taken at Maisaka in 1958.
—o— in spring (April-June)
—●— in summer (July-August)
—x— in autumn (September-December)

Table. 33. Analysis of variance of mean dorsal fin ray counts of postlarvae taken at Iioka, Akabane and Shinojima in 1957.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Area	2	0.2078
Month	9	0·3558
Errors	888	0.2537
Interaction	6	0.3334
Between samples	27	0.3325
Within sample	855	0.2506

Local and seasonal variations in 1957.

An examination of data taken at the three ports on the Pacific coast of Honshû reveals no statistically significant difference in the mean counts depending upon either month or area (Table 33), although the monthly mean counts seem to be high in spring, 15.05 in April,

and low in summer, 14.80 in September (Fig. 32).

Local and seasonal variations in 1958 and 1959.

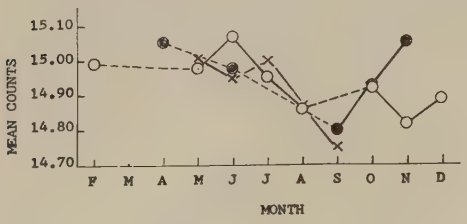


Fig. 32. Monthly means of dorsal fin ray counts of postlarvae taken at Iioka, on Enshû Nada and at Shinojima in 1957.
—o— at Iioka
—•— on Enshû Nada
—x— at Shinojima

Analyses of the dorsal fin ray counts are conducted through the two procedures, within and between areas as mentioned in the preceding section (p. 194). The seasonal variation of this character is found to be similar with, but less distinct than that of the vertebral counts.

With regard to the materials taken in the East Pacific Area of Honshû in May, it is suggested that the mean count at Hazaki, 14.94, is lower by

Table 34. Analysis of variance of mean dorsal fin ray counts of postlarvae taken at Ôarai, Kuji and Hazaki in May 1958.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
North vs. south	1	0.7467
Errors	198	0.3093
Between ports	1	0.0292
Between samples	7	0.2434
Within samples	190	0.3132

Fig. 33. Monthly means of dorsal fin ray counts of postlarvae taken at Ôarai, Kuji and Hazaki in 1958.
—o— at Ôarai
—•— at Kuji
—x— at Hazaki

about 0.1 of an element than that at Ôarai, 15.06, or at Kuji, 15.03 (Fig. 33, Table 34). As to samples from the northern two ports, *i. e.* Ôarai and Kuji, it is noted that the counts decrease from spring, 15.10 in April, to summer, 14.82 in August (Fig. 33, Table 35).

Table 35. Analysis of variance of mean dorsal fin ray counts of postlarvae taken at Ôarai and Kuji in 1958.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Month	5	0.5725*
Errors	434	0.2577
Between samples	16	0.1758
Within samples	418	0.2609

For asterisks, see footnote of Table 14.

Table 36. Analysis of variance of mean dorsal fin ray counts of postlarvae taken at Maisaka in 1958.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Between months	8	0.9499***
Within months	3,831	0.2445
Between days	23	0.3790
Within days	3,808	0.2437
Between samples	127	0.2483
Within samples	3,681	0.2435

For asterisks, see footnote of Table 14.

The materials taken at Maisaka reveal that the variations of the dorsal fin ray counts are comparable with those of the vertebral counts: day of fishing and sample

are not significant sources of variation of the counts as a whole (Table 36); although the mean counts vary quite remarkably among samples taken in September,

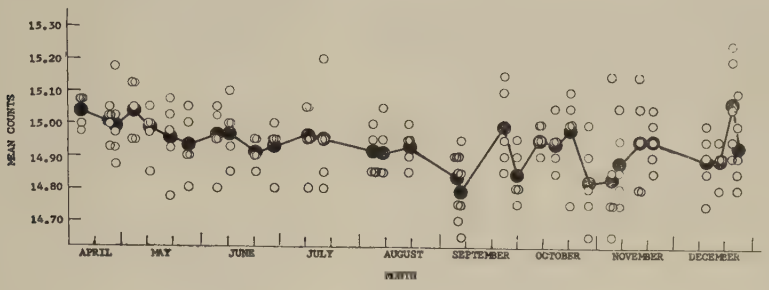


Fig. 34. Daily and sample means of dorsal fin ray counts of postlarvae taken at Maisaka in 1958.
—●— daily means ○ sample means

November and December (Fig. 34), the number of rays is not correlated with total length of the fish; the month is only yet a conspicuous source of variations; and the monthly mean counts decrease from 15.02 in April to 14.86 in September, and tends to increase since then. A similar seasonal fluctuation in the counts is found

Fig. 35. Monthly means of dorsal fin ray counts of postlarvae taken at Maisaka and Akabane in 1958.
—○— at Maisaka
—●— at Akabane

Table 37. Analysis of variance of mean dorsal fin ray counts of postlarvae taken at Maisaka and Akabane in 1958.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Port	1	0.6469
Month	8	0.9984*
Errors	4,530	0.2437
Interaction	7	0.0383
Between samples	172	0.2703
Within samples	4,351	0.2432

For asterisks, see footnote of Table 14.

Table 38. Analysis of variance of mean dorsal fin ray counts of postlarvae taken at Irako, Shinojima and Nishiura in 1958.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Port	2	0.5452
Month	3	0.9089*
Errors	294	0.2776
Interaction	1	0.3262
Between samples	6	0.2208
Within samples	287	0.2787

For asterisks, see footnote of Table 14.

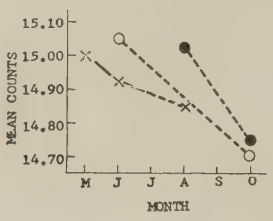


Fig. 36. Monthly means of dorsal fin ray counts of postlarvae taken at Shinojima, Irako and and Nishiura in 1958.
—○— at Shinojima
—●— at Irako
—×— at Nishiura

with data taken at Akabane (Fig. 35), although the mean count in the samples obtained at this port, 14.92, is slightly lower than that obtained at Maisaka, 14.96 (Table 37).

Decrease of the mean counts in the warmer months is also suggested with materials taken in Mikawa Bay (Fig. 36, Table 38). The mean counts at these two subareas are almost identical with each other in every month under study (Table 39). Therefore, all the data taken from the area are pooled for the following analysis.

Table 39. Analysis of variance of mean dorsal fin ray counts of postlarvae taken on Enshû Nada and in Mikawa Bay in 1958.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Subarea	1	0.0809
Month	3	0.7980*
Errors	2,455	0.2471
Interaction	3	0.4443
Within cells	2,452	0.2468

For asterisks, see footnote of Table 14.

No local difference in the mean counts is detected between postlarvae taken in the two bays on the Kii Peninsula. The monthly mean is high in spring of 1958, around 15.00, decreases to about 14.70 in October, and increases to 15.15 in the following March (Fig. 37, Table 40).

Table 40. Analysis of variance of mean dorsal fin ray counts of postlarvae taken in Southwest Area of Kii Peninsula during April 1958 through April 1959.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Bay	1	0.0031
Month	12	1.0098***
Errors	1,426	0.2647
Interaction	8	0.1574
Between samples	48	0.2667
Within samples	1,370	0.2666

For asterisks, see footnote of Table 14.

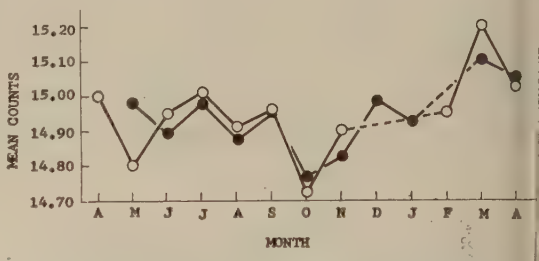


Fig. 37. Monthly means of dorsal fin ray counts of postlarvae taken in Wakanoura Bay and Yuasa Bay during April 1958 through April 1959.
—○— in Wakanoura Bay
—●— in Yuasa Bay

There is no appreciable source of variation in the dorsal fin ray counts of postlarvae taken at three ports in Nagasaki Prefecture (Table 41). The fishing gear is not any significant source of variation of the counts from Saga Prefecture. The counts do not differ between the fish taken from these two prefectures and are averaged to be 15.39.

As to the fish taken at Fukukawa on the Seto Inland Sea, the mean dorsal fin ray counts are found to decrease quite regularly from 15.27 in July to 14.92 in October. On the other hand, the mean counts in the fish taken at Hikari fluctuate irregularly (Fig. 38). Bu

Table 41. Analysis of variance of mean dorsal fin ray counts of postlarvae taken at Nagasaki, Kitamatsuura and Shinhoshika in 1958.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Port	2	0.0746
Month	2	0.0780
Errors	755	0.2779
Interaction	3	0.4287
Between samples	29	0.2037
Within samples	723	0.2802

The analysis fails to reveal any variation depending upon the fishing grounds, partly due to the scarcity of materials (Table 42). Therefore, all the count data are

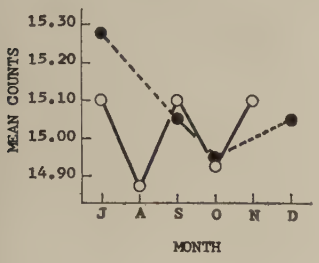


Fig. 38. Monthly means of dorsal fin ray counts of postlarvae taken at Hikari and Fukukawa in 1958.
—o— at Hikari
—●— at Fukukawa

Table 42. Analysis of variance of mean dorsal fin ray counts of postlarvae taken at Hikari and Fukukawa in 1958.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Port	1	0.0465
Month	5	0.7324**
Errors	333	0.1990
Interaction	2	0.2172
Between samples	5	0.1700
Within samples	326	0.1993

For asterisks, see footnote of Table 14.

combined in the following discussion.

The examination of data indicate no local segregation among the fish taken in the three areas lying along the Pacific coast of Honshû (Table 43). But the dorsal fin ray counts of fish taken in the early summer indicate significant areal difference; high in the fish taken from West Area of Kyûshû and low in those taken from the Pacific coast. The areal means are 14.98 for East Honshû, 14.96 for West Honshû, 14.95 for Kii Peninsula, 14.95 for East Kyûshû and 15.11 for West Kyûshû. The seasonal fluctuation in the mean counts differs between the Pacific waters and the Seto Inland Sea, and the fish from the latter sea seem to have more numerous rays than

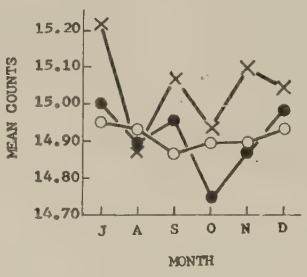


Fig. 39. Monthly means of dorsal fin ray counts of postlarvae taken in West Pacific Area of Honshû, Southwest Area of Kii Peninsula and West Area of Seto Inland Sea, July-December 1958.
—o— in West Honshû
--●— in Kii Peninsula
—×— in Seto Inland Sea

Table 43. Analyses of variance of areal and monthly mean dorsal fin ray counts of postlarvae taken in 1958.

Period	April-September		May-July		July-December	
Area	East & West Honshû, and Kii Peninsula		East & West Honshû, Kii Peninsula and East & West Kyûshû		West Honshû, Kii Peninsula and Seto Inland Sea	
Source of variation	*d.f.*	Mean square	*d.f.*	Mean square	*d.f.*	Mean square
Area	2	0.0453	4	3.7946***	2	2.0792
Month	5	1.4053***	2	0.1056	5	1.6675
Errors	4,552	0.2519	3,553	0.2562	—	—
Interaction	10	0.2794	7	0.2336	10	0.6660*
Within cells	4,542	0.2518	3,546	0.2563	3,882	0.2470

For asterisks, see footnote of Table 14.

those from the former (Fig. 39).

Table 44. Analysis of variance of mean dorsal fin ray counts of postlarvae taken in West Pacific Area of Honshû in 1957 and 1958.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Year	1	0.0247
Month	8	1.3341***
Errors	5,251	0.2475
Interaction	8	0.1974
Within cells	5,243	0.2476

For asterisks, see footnote of Table 14.

Annual variation.

In the West Pacific Area of Honshû, the survey covered the catch in 1957 and 1958. The analysis indicates that the yearly mean counts and their seasonal fluctuation are comparable for both the years (Table 44).

Section 3-5. Number of anal fin rays

The anal fin ray counts were regarded to be useful for studying the population structure of two related species, *Engraulis mordax* and *Cetengraulis mysticetus*. McHugh (1951, pp. 136, 137) found that the mean anal fin ray counts of *E. mordax* were low in the fish taken from British Columbia waters, rised to a peak in those off southern California and tended to have decreased with latitude in those off Baja California, and that the sex and season of hatching were less but still significant sources of variation. Howard (1954, pp. 16, 17) and Berdegue (1958, pp. 10, 11) detected local segregation of *C. mysticetus* in Gulf of Panama based on the anal fin ray counts. Howard (*loc. cit.* pp. 11, 15, 16) also found in this species that there was no sexual dimorphism in the counts.

Nothing has been reported on the variation of anal fin ray counts of the Japanese anchovy. This section is, therefore, devoted to present the morphological remarks on the anal fin, the individual variation of number of the fin rays and the seasonal, local and annual variations of the mean counts.

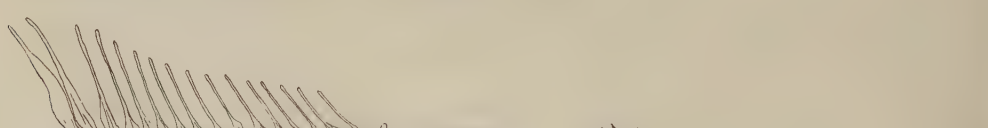


Fig. 40. Schematic showing of anal fin and interhaemals of anchovy.
1. Adult, 11.9 cm in body length. 2. Postlarva, 35 mm total length.

Morphology.

Leaving out very short anteriormost ray, the first ray is unbranched and shorter than the succeeding rays that are branched. Each ray is supported by an inter-

haemal spine. Among the interhaemals, the first and second spines are found to extend in parallel with each other, but at some degrees of angle from the rest spines when the fin is taken out of the body. A posterior filament is attached to the posterior tip of the fin beneath the skin (Fig. 40). Small specimens measuring about 20 mm in total length have also these morphological features of the anal fin and related bones, except that the interhaemal spines are not always developed so as to be clearly stained by the solution aforementioned. When the fish attains 30 mm in the length, these spines are ossified well enough to be easily counted by the present technique. Taking these morphological features into account, no confusion may arise in counting the rays as far as the examination is made with the materials removed from the body.

Range and variation.

The number of fin rays ranges over six classes from 15 to 20. The frequency of modal group with 17 rays does not reach to 60 percent of total (Table 45), being lower than that of modal group of either vertebral or dorsal fin ray counts. The

Table 45. Frequency of anal fin ray counts of postlarvae taken in the southwestern part of Japan in 1957 through 1959.

Number of rays	Total	15	16	17	18	19	20
Number of specimens	9,080	57	1,770	5,164	1,966	120	3
Percentage	100	1	19	57	22	1	0

wide range and less dominancy of modal group indicate that the anal fin rays are more variable than the other two meristic characters. The sample means of the ray counts vary between 16.50 and 17.50, and their variances range between 0.17 and 1.40 (0.48 on the average).

Variation with size of fish.

The materials from Maisaka reveal that the anal fin ray counts differ only by season but not by length of body (Table 46), although the seasonal variation is suggested to differ depending upon the length class (Fig. 41). This is contrary to a finding by McHUGH (1951, pp. 134, 135) who wrote that the species specific number of anal fin rays of *E. mordax* was fixed when the fish reached to 30 mm in standard length. It is very probable to regard that the length-dependent change found in the mean anal fin ray counts of *E. mordax* represented

Table 46. Analysis of variance of mean anal fin ray counts of postlarvae taken at Maisaka in 1958, by length and by season.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Length class	5	0.3976
Season	2	19.8778***
Errors	3,832	0.4396
Interaction	5	0.7206
Within cells	3,827	0.4392

For asterisks, see footnote of Table 14.

merely bias in sampling procedure, because most of McHugh's materials were collected in spring. Therefore, the length is not taken into account in the following analysis.

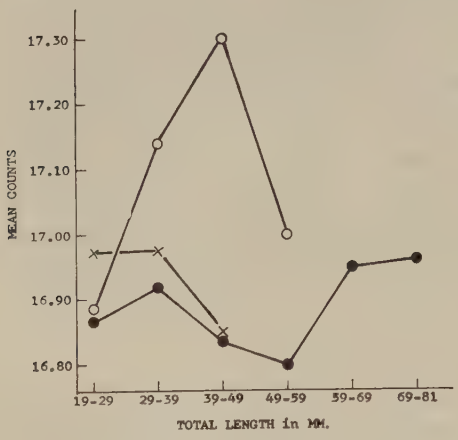


Fig. 41. Mean anal fin ray counts of postlarvae of different length classes taken at Maisaka in 1958.
—o— in spring (April-June)
—●— in summer (July-August)
—×— in autumn (September-December)

Local and seasonal variations in 1957.

The data of the fish obtained from East Honshû, and two subareas of West Honshû, *i. e.* Enshû Nada and Mikawa Bay, indicate that there is no local segregation in the mean anal fin ray counts, and in the pattern of their seasonal fluctuations (Table 47). Like the vertebrae and the dorsal fin rays, the mean counts of anal fin rays are high in spring, decrease in summer and increase in autumn (Fig. 42). The slightly large mean square attached to the area reflects a fact that the mean counts are always lower in the fish taken from Mikawa Bay than in those from the other areas; the areal means of the ray counts are 17.08 for the fish taken from East Honshû, 17.11 for those from Enshû Nada, and 16.99 for those from Mikawa Bay.

Table 47. Analysis of variance of mean anal fin ray counts of postlarvae taken at Iioka, on Enshû Nada and in Mikawa Bay in 1957.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Area	2	0.6584
Month	9	1.2814**
Errors	888	0.4855
Interaction	6	0.3272
Between samples	27	0.3671
Within samples	855	0.4903

For asterisks, see footnote of Table 14.

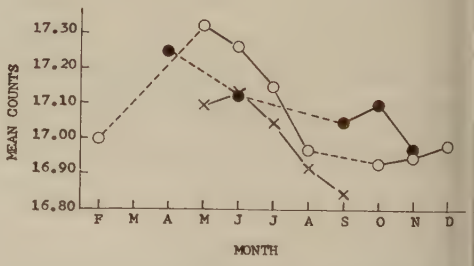


Fig. 42. Monthly means of anal fin ray counts of postlarvae taken at Iioka, on Enshû Nada and at Shinojima in 1957.
—o— at Iioka
—●— on Enshû Nada
—×— at Shinojima

Local and seasonal variations in 1958 and 1959.

Of the materials taken in 1958 and 1959, the variation within each area was examined at first and then analyses were conducted to find the areal variation as in the cases of investigations of the vertebral and dorsal fin ray counts. The anal fin ray counts indicated seasonal and areal variations comparable with those of two other characters.

No segregation is found between samples taken in May in East Honshû. Instead,

Table 48. Analysis of variance of mean anal fin ray counts of postlarvae taken at Ôarai, Kuji and Hazaki in May 1958.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Port	2	0.3705
Between samples	7	1.1577*
Within samples	190	0.4313

For asterisks, see footnote of Table 14.

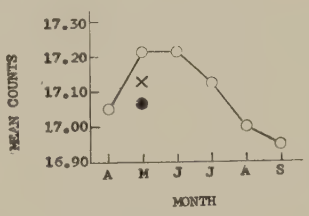


Fig. 43. Monthly means of anal fin ray counts of postlarvae taken at Ôarai, Kuji and Hazaki in 1958.
—o— at Ôarai
—●— at Kuji
—×— at Hazaki

the variation between samples at the same ports is fairly large (Table 48). This is attributable to a fact that a sample taken at Kuji has a mean, 16.50, far lower than the others, 17.15 or more, therefrom. Even leaving the exceptional sample, the mean counts at Ôarai and Kuji indicate only slight seasonal fluctuation (Table 49). But the data still show a decreasing tendency from 17.35 in May to 16.95 in September (Fig. 43).

Table 49. Analysis of variance of mean anal fin ray counts of postlarvae taken at Ôarai in 1958.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Month	5	0.6523
Errors	414	0.3983
Between samples	15	0.1419
Within samples	399	0.4079

Table 50. Analysis of variance of mean anal fin ray counts of postlarvae taken at Maisaka in 1958.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Between months	8	6.3413***
Between days	23	0.7823**
Within days	3,808	0.4364
Between samples	127	0.3828
Within samples	3,681	0.4382

For asterisks, see footnote of Table 14.

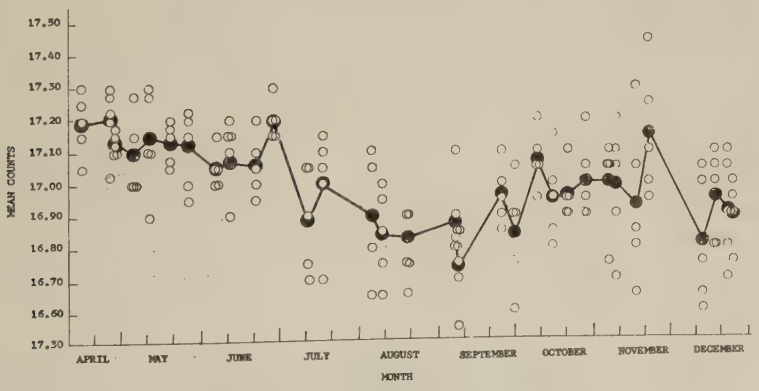


Fig. 44. Daily and sample means of anal fin ray counts of postlarvae taken at Maisaka in 1958.
● daily means o sample means

The materials from Maisaka indicate significant variations of anal fin ray counts based on month and day (Table 50), and a wide range between sample means over 0.50 in November (Fig. 44). The monthly mean of the ray counts reaches to the highest value, 17.17, in April and the lowest one, 16.85, in August and September (Fig. 45). The samples at Akabane indicate a similer seasonal change of the mean counts with those at Maisaka (Fig. 45, Table 51). The mean counts of samples taken in Mikawa Bay also decrease during summer months (Fig. 46), even though it is not confirmed statistically (Table 52). For the similarity in means (Table 53), the data from these two subareas are combined for the following discussion.

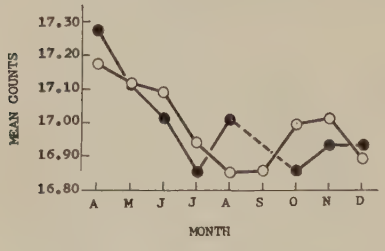


Fig. 45. Monthly means of anal fin ray counts of postlarvae taken at Maisaka and Akabane in 1958.
—o— at Maisaka
—•— at Akabane

Table 51. Analysis of variance of mean anal fin ray counts of postlarvae taken at Maisaka and Akabane in 1958.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Port	1	0.1884
Month	8	7.0717***
Errors	4,530	0.4441
Interaction	7	0.8013
Between samples	172	0.4896
Within samples	4,351	0.4417

For asterisks, see footnote of Table 14.

Neither subarea nor its interaction with month is any significant source of variation of the mean anal fin ray counts of postlarvae from the Southwest Area of Kii Peninsula (Table 54). The monthly mean is slightly high, over 16.90, in spring and low, less than that numeral in summer and autumn (Fig. 47).

Table 52. Analysis of variance of mean anal fin ray counts of postlarvae taken at Shinojima, Irako and Nishiura in 1958.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Port	2	0.0971
Month	3	0.8206
Errors	294	0.4219
Interaction	1	0.0058
Between samples	6	0.1576
Within samples	287	0.5715

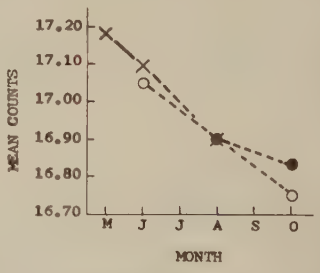


Fig. 46. Monthly means of anal fin ray counts of postlarvae taken at Irako, Shinojima and Nishiura in 1958.
—o— at Irako
—•— at Shinojima
—×— at Nishiura

The mean counts are homogeneous among samples from Nagasaki Prefecture although the difference of the monthly fluctuation is suggested between ports (Table 55). The fishing gear is not significant source of variation of the mean anal fin ray counts of postlarvae taken in Saga Prefecture. Because of resemblance of means, the

postlarvae from West Kyûshû are regarded to have a common mean of 17.23.

Fisheries based at the two ports in the West Area of the Seto Inland Sea provided postlarvae with homogeneous means of the counts every month (Table 56). The

Table 53. Analysis of variance of mean anal fin ray counts of postlarvae taken on Enshû Nada and in Mikawa Bay in 1958.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Subarea	1	0.2736
Month	3	7.1857***
Errors	2,455	0.4550
Interaction	3	0.9852
Within cells	2,452	0.4543

For asterisks, see footnote of Table 14.

Table 54. Analysis of variance of mean anal fin ray counts of postlarvae taken in the Southwest Area of Kii Peninsula during April 1958 through April 1959.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Subarea	1	0.0047
Month	12	1.2718*
Errors	1,426	0.5119
Interaction	8	0.2779
Between samples	48	0.4098
Within samples	1,370	0.5168

For asterisk, see footnote of Table 14.

Table 55. Analysis of variance of mean anal fin ray counts of postlarvae taken at Nagasaki, Kitamatsuura and Shinhoshika in 1958.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Port	2	0.0303
Month	2	0.5249
Errors	755	0.6003
Interaction	3	1.3579
Between samples	29	0.5807
Within samples	723	0.5980

Table 56. Analysis of variance of mean anal fin ray counts of postlarvae taken at Hikari and Fukukawa in 1958.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Port	1	0.1508
Month	5	2.3905***
Errors	333	0.4872
Interaction	2	0.4946
Between samples	5	0.3567
Within samples	326	0.4891

For asterisks, see footnote of Table 14.

Fig. 47. Monthly means of anal fin ray counts of postlarvae taken in Wakanoura Bay and Yuasa Bay during April 1958 through April 1959.
—o— in Wakanoura Bay
—●— in Yuasa Bay

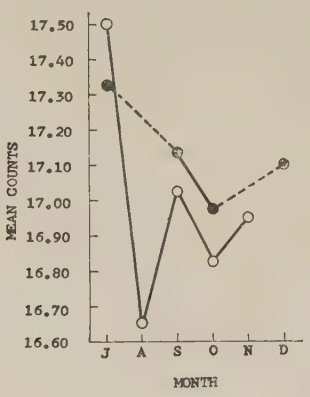


Fig. 48. Monthly means of anal fin ray counts of postlarvae taken at Hikari and Fukukawa in 1958.
—o— at Hikari
—●— at Fukukawa

monthly means fluctuate irregularly, being at the highest, over 17.30 in July, and decreasing toward autumn, 16.65 in August and 16.90 in October (Fig. 48).

All the three sets of analyses of data indicate segregation of the areal mean counts in addition to the seasonal fluctuation (Table 57). In regard of the post-larvae from the Pacific coast of Honshû, the mean anal fin ray counts are higher in the fish taken from the east than in those from the west, being 17.10 for East Honshû, 17.03 for West Honshû and 16.96 for Kii Peninsula. The data taken in the

Table 57. Analyses of variance of areal and monthly mean anal fin ray counts of postlarvae taken in 1958.

Period	April-September		May-July		July-December	
Area	East & West Honshû, and Kii Peninsula		East & West Honshû, Kii Peninsula and East & West Kyûshû		West Honshû, Kii Peninsula and Seto Inland Sea	
Source of variation	*d.f.*	Mean square	*d.f.*	Mean square	*d.f.*	Mean square
Area	2	2.9476**	4	5.1645***	2	1.6256
Month	5	10.5983***	2	3.7602***	5	2.1331
Errors	4,552	0.4536	3,553	0.5073	—	—
Interaction	10	0.6117	7	1.0157	10	1.9767*
Within cells	4,542	0.4533	3,546	0.5063	3,882	0.4581

For asterisks, see footnote of Table 14.

early summer show areal change in monthly fluctuation, the mean square of which reaches to almost the five percent level. Disregarding this interaction, the character indicates an areal cline, dereasing regularly from East

Table 58. Analysis of variance of mean anal fin ray counts of postlarvae taken in West Pacific Area of Honshû in 1957 and 1958.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Year	1	1.0995
Month	8	8.2140***
Errors	5,251	0.4040
Interaction	8	0.1115
Within cells	5,243	0.4434

For asterisks, see footnote of Table 14.

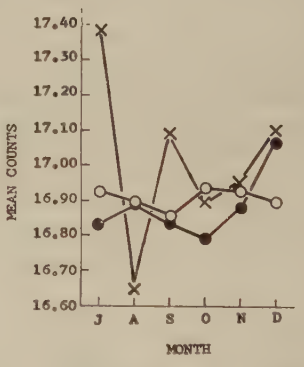


Fig. 49. Monthly means of anal fin ray counts of postlarvae taken in West Pacific Area of Honshû, Southwest Area of Kii Peninsula, and West Area of Seto Inland Sea, July-December 1958.
—o— in West Honshû
—•— in Kii Peninsula
—×— in Seto Inland Sea

Honshû to Kii Peninsula and then increasing toward West Kyûshû; the means are 17.14 for East Honshû, 17.06 for West Honshû, 16.97 for Kii Peninsula, 17.12 for East Kyûshû, and 17.20 for West Kyûshû. The mean number of rays in postlarvae taken from the Seto Inland Sea are found to follow a different seasonal fluctuation, and to be higher than those in the Pacific waters (Fig. 49).

Annual variation.

The annual change of seasonal fluctuation in the mean anal fin ray counts was not detected with materials taken in the West Pacific Area of Honshû in 1957 and 1958 (Table 58).

Section 3–6. Discussion and conclusions

The minor temporal and areal changes were found to exert no significant effect on the meristic variations. Only a few analyses have revealed slightly significant variations depending on sample, day, port or method of fishing. An examination of fish taken at Maisaka has disapproved that the meristic counts differ depending upon the size of fish over 19 mm in total length. From these evidences, it is possible to compare the characters of postlarval anchovy caught in different months and in different areas without taking into account the minor changes in sampling conditions and size of fish. The exceptional cases indicating variations based on difference in fishing grounds within an area are discussed in the succeeding paragraph.

The season of a year is the most conspicuous source of variations of the meristic characters of postlarval anchovy. The mean counts of all the three characters are high for the specimens caught in spring and low for those in summer and autumn. The month of appearance of the extreme counts and maximal differences between monthly means were evaluated with eight series of vertebral data, and five series of fin ray data, each comprising 500 or more specimens taken during six or more months (Table 59). Most of the series show that the highest mean appears in April or May. In some series, the fish taken in January, March or June have the highest value. The lowest mean usually occurs in September or October, and in some series in July, August or November. Therefore, the values for earlier and later halves of the year may represent the mean counts of two general time-groups, one spawned during late winter through spring (spring-group) and the other, during summer through autumn (summer-autumn-group or simply autumn-group). Through the above examination of monthly means, the general lower limits of means of the spring-group are 45.30 for vertebrae, 14.93 for dorsal fin rays and 17.00 for anal fin rays, and the upper limits of the autumn-group, 45.20 for vertebrae, 14.90 for dorsal fin rays and 16.90 for anal fin rays. The maximal differences in monthly means in the above series range between 0.21 and 0.50 (about 0.35 on the average) for vertebrae, 0.15 and 0.43 (slightly less than 0.30 on the average) for dorsal fin rays, and 0.26 and 0.40 (about 0.35 on the average) for anal fin rays. Thus, the present examination of vertebral counts and the previous ones of the same (pp. 175–177) have concurrently indicated the remarkable difference between postlarvae taken in the earlier and later halves of the year. The fin ray counts also vary significantly depending upon the two general periods of the year. For these reasons,

the meristic variations are regarded to be useful in segregating the fish spawned in the different seasons of the year, which apart by two or more months from each other. Here it should be noted that the monthly mean counts fluctuate gradually but not sharply within each of the periods, making it difficult to segregate the fish into groups slightly different, say by one month, in the season of hatching.

Table 59. The maximal and minimal monthly mean counts of vertebrae, and dorsal and anal fin rays of postlarvae taken in four areas during six or more months.

Area	Duration	Maximal and minimal means					
		Vertebrae		Dorsal fin rays		Anal fin rays	
		Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
East Pacific Area of Honshû	Feb.–Dec. '57 (except Mar., Apr. & Sept.)	45.49 (May)	45.15 (July & Oct.)	15.07 (June)	14.82 (Nov.)	17.33 (May)	16.93 (Oct.)
	Apr.–Sept. '58	45.38 (Apr.)	44.98 (Sept.)	15.10 (Apr.)	14.86 (Aug.)	17.21 (June)	16.95 (Sept.)
West Pacific Area of Honshû	Jan.–Dec. '54 (except Feb. & Nov.)	45.40 (Apr.)	44.90 (Oct.)	—	—	—	—
	Apr.–Nov. '56 (except Aug. & Sept.)	45.42 (May)	45.13 (Oct.)	—	—	—	—
	Apr.–Nov. '57	45.55 (Apr.)	45.16 (Sept.)	15.05 (Apr.)	14.73 (Sept.)	17.25 (Apr.)	16.85 (Sept.)
	Apr.–Dec. '58	45.34 (Apr.)	45.13 (Aug.)	15.01 (Apr.)	14.86 (Sept.)	17.18 (Apr.)	16.85 (Sept.)
Southwest Area of Kii Peninsula	Apr. '58–Apr. '59	45.35 (June)	45.01 (Oct.)	15.17 (Mar.)	14.74 (Oct.)	17.13 (Jan.)	16.79 (Oct.)
East Area of Kyûshû	Jan.–Dec. '54 (except Mar., Apr., June & Aug.)	45.47 (May)	45.05 (Sept.)	—	—	—	—

The examinations of the numbers of vertebrae and dorsal fin rays do not usually reveal any local segregation among postlarvae from the Pacific waters extending over about 500 nautical miles between Kashima Nada and Hyûga Nada (Tables 60, 61). Only anal fin rays indicate a decreasing trend from East Honshû to Kii Peninsula with a maximal difference of 0.14 of an element. As far as the materials taken in early summer 1958 are concerned, the high means of these three characters are associated with postlarvae having grown in the waters around the western coast of Kyûshû, and low ones, with those in the Pacific waters. In this regard, it may be noted that the postlarvae from West Kûshû are larger by about 10 mm in total length, and may have hatched earlier by about one month, and grown in colder waters, than those from the other localities. As the mean counts of fish taken in West Kyûshû in June and July are higher than those from other areas in the preceding months (Table 62), the difference in size of fish does not seem to cancel the above areal

variation. Nevertheless, the actual difference is merely 0.11 of an element for vertebrae, 0.16 of that for dorsal fin rays and 0.23 of that for anal fin rays, too small to detect the local groups. Here, it should be noted that areal clines in the mean counts differ between vertebrae and fin rays; the mean vertebral counts increase slightly from East Honshû to East Kyûshû and rapidly to West Kyûshû, while the mean fin

Table 60. Areal means of vertebral counts excluding effect of month, 1954, 1956–58.

Season	East Honshû	West Honshû	Kii Peninsula	East Kyûshû	West Kyûshû	Seto Inland Sea
Jan.–Dec. 1954	45.25	45.16	—	45.18	—	—
Apr.–Nov. 1956	45.29	45.31	—	—	—	—
Feb.–Dec. 1957	45.31	45.24	—	—	—	—
Apr.–Sept. 1958	45.22	45.25	45.27	—	—	—
May–July 1958	45.25	45.27	45.28	45.29	45.36	—
July–Dec. 1958	—	45.17	45.13	—	—	45.15

Table 61. Areal means of fin ray counts excluding effect of month, 1957 and 1958.

Season	East Honshû		West Honshû		Kii Peninsula	
	d.f.c.	a.f.c.	d.f.c.	a.f.c.	d.f.c.	a.f.c.
Feb.–Dec. 1957	14.91	17.08	14.94	17.04	—	—
Apr.–Sept. 1958	14.95	17.10	14.95	17.03	14.95	16.96
May–July 1958	14.98	17.14	14.96	17.06	14.95	16.97
July–Dec. 1958	—	—	14.83	16.83	14.83	16.80

Season	East Kyûshû		West Kyûshû		Seto Inland Sea	
	d.f.c.	a.f.c.	d.f.c.	a.f.c.	d.f.c.	a.f.c.
May–July 1958	14.95	17.12	15.11	17.20	—	—
July–Dec. 1958	—	—	—	—	14.96	16.99

d.f.c.: dorsal fin ray counts, a.f.c.: anal fin ray counts.

Table 62. Monthly and areal mean counts of vertebrae, and dorsal and anal fin rays of postlarvae taken in early summer 1958.

Character	Month	East Honshû	West Honshû	Kii Peninsula	Eest Kyûshû	West Kyûshû
Vertebrae	May	45.29	45.32	45.31	45.35	45.40
	June	45.23	45.28	45.35	45.31	45.38
	July	45.24	45.20	45.18	—	45.34
Dorsal fin rays	May	15.01	14.97	14.93	15.05	15.10
	June	14.92	14.95	14.91	14.93	15.13
	July	14.96	14.95	15.00	—	15.09
Anal fin rays	May	17.15	17.13	17.05	17.30	17.20
	June	17.21	17.08	17.03	17.14	17.25
	July	17.13	17.08	16.83	—	17.31

Note: The simple means shown in this table do not always fluctuate around the areal means shown in Tables 60 and 61 because the latter have been calculated on the basis of assumption that the monthly variations are the same in all the areas.

ray counts are at the lowest in Kii Peninsula and increase toward both ends of the areas under survey. This difference in local cline indicates a difference of the fixation periods of anchovy life between vertebrae and fin rays as suggested by rearing experiments of *Salmo trutta trutta* Linnaeus (Tåning 1944) and *Macropodus opercularis* Linnaeus (Lindsey 1954), and by field observation of *Engraulis mordax* (McHugh

1951). As a matter of fact, the partial correlation coefficient between vertebrae and dorsal fin rays, 0.11, of 9,080 specimens, and that between vertebrae and anal fin rays, 0.10, are significantly lower than that between fin rays, 0.23, although all these correlations and the multiple correlation of 0.24 are significant. This suggests that it is possible to reveal the areal groups through examination of two or more characters of the fish taken by more extensive surveys. The postlarvae taken at two ports on the Seto Inland Sea show a different seasonal fluctuation in these characters with each other. The irregular fluctuation in those of the fish from the Seto Inland Sea suggests a mixture of different space-groups having immigrated into the fishing ground. It is also suggested through observation of materials from Ibaraki Prefecture that the fish caught in the waters of low salinity have less counts of the characters than those off the open coast. Odate (1957, p. 122) noted that the postlarvae taken in the high sea off Tôhoku Region were found with more vertebrae by about 0.3 of an element on the average than those in the coastal waters. This also implies the possibility of tracing movements of fish spawned in several areas that differ from each other in environmental conditions, if the survey system is expanded.

Yearly changes in environments exert only a slight effect on the meristic variations as far as the data from the Pacific coast are concerned. Here it should be noted that the materials from the western part of the Seto Inland Sea revealed yearly change of seasonal fluctuation in vertebral counts. This indicates an annual variation of composition of different space-groups among the young stocks in that sea. Although the present samples are too scarce, the irregular seasonal fluctuation in the meristic counts implies the possibility of estimating the ratios of sizes of different space-time groups in the Seto Inland Sea.

As for the effects of environmental factors on meristic characters of fishes, there are innumerable works that were made on the bases of both field observations and rearing experiments. Hubbs (1926, pp. 62–68, 1934, pp. 120–123) and Tåning (1944, pp. 1–3) discussed those works, and recently Itazawa (1957) compiled an up-to-date review of publications. It is not the aim of the present study to make a further investigation of literature. A detailed examination of the effects of the environmental factors on the meristic character of the anchovy has not been attempted here, because of lack of enough data of the environmental conditions to conduct this kind of study. Instead, the author tried to relate the meristic variations of the postlarval anchovy with temperature and salinity in order to estimate the mean age of commercially exploited fish. If the meristic characters of the fish is determined by the environmental factors in the initial stage of life, examination of the correlation coefficient between the counts of these characters and the environmental factors may reveal the age of the fish at the time of catch. For instance, the postlarvae can be regarded to be a-month-old, if the characters indicate an extremely high correla-

tion with the environmental factors one month prior to the fishing.

The first study conducted along this line was based on the materials and data taken during 1954 in the West Pacific Area of Honshû and in the East Area of Kyûshû (Hayashi and Suzuki 1954). According to this study, the temperature and salinity were found to be correlated with the vertebral counts as follows. As to the counts-temperature relation in West Honshû, the square of the correlation coefficient increases from 0.033 for the set both measures of the same month to 0.044 for the set of the counts of the month and temperature in one month prior to fishing, then decreases again for two months earlier. Though all these squares are highly significant, the temperatures in three and four months preceding the fishing do not indicate significant correlation with the vertebral counts. The same is found with the other three sets of data, the counts and salinity in West Honshû, and the two abiotic factors in East Kyûshû (Fig. 50).

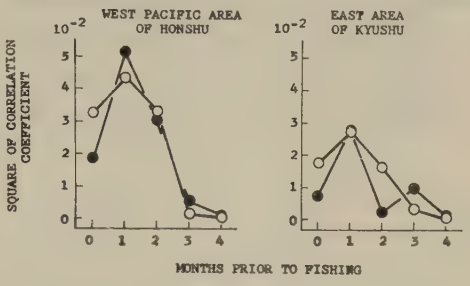


Fig. 50. Squares of correlation coefficients between vertebral counts of postlarvae and either one of surface temperatures or salinities in the month of fishing or one to four months prior to fishing, West Pacific Area of Honshû and East Area of Kyûshû, 1954.
—o— the counts and temperatures
—●— the counts and salinities

As the salinity and temperature are reversely correlated with each other at a coefficient of −0.90, it is impossible to reveal which factor has been more responsible in determining the counts. In addition it should be noted that the light intensity also fluctuates so as to cause seasonal change of the mean vertebral counts as described above insofar as it is applicable to the anchovy that the light appeared to be an important factor in determining the mean counts of *Gadus collarias* Linnaeus (Dannenvig 1932) and *Leuresthes tenuis* (Ayres) (McHugh 1954). Furthermore, various abiotic factors should be considered in determing the effect of a single factor on the meristic characters, because several factors may give combined effects on the characters, as found in dorsal and anal fin rays of *Gasterosteus aculeatus* Linnaeus by Heut (1949).

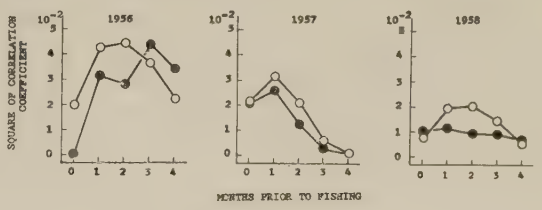


Fig. 51. Squares of correlation coefficients between vertebral counts of postlarvae and either one of surface temperatures or salinities in the month of fishing or one to four months prior to fishing, West Pacific Area of Honshû, 1956–58.
—o— the counts and temperatures
—●— the counts and salinities

In order to confirm the above inference of the age of *shirasu*, a second study was conducted with data taken in West Honshû during the succeeding years. Relationships were found between the vertebral counts and either the temperature

or the salinity. According to the analysis, the temperature seems to be a more significant factor in determining the number of bones than the salinity. Data in 1956 and 1958 suggest that the average age of the postlarvae is nearer to two months than to one. The materials taken in 1957 indicate that the major portion of the *shirasu* catch consisted of one-month old fish (Fig. 51). The fin rays of fish taken in 1957 also seem to have been determined by temperature and salinity at a time about one or two months prior to landing. The ray counts and environments relationship in 1958 is more complicated but still indicates that these characters are determined one or two months before the fish were caught (Fig. 52). If the meristic characters are determined in the initial stage of life, all this information infers that the commercial *shirasu* catch consists of mainly one- to two-month old postlarvae.

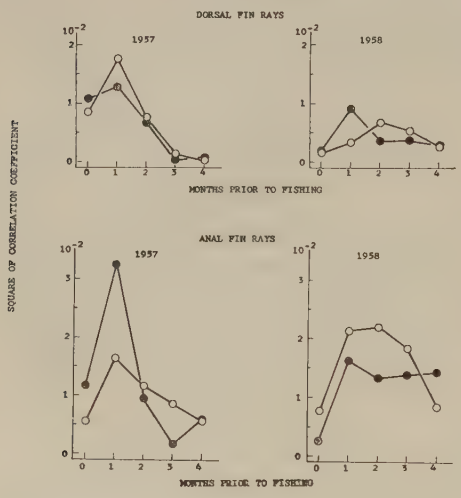


Fig. 52. Squares of correlation coefficients between dorsal and anal fin ray counts of postlarvae and either one of surface temperatures or salinities in the month of fishing or one to four months prior to fishing, West Pacific Area of Honshû, 1957 and 1958.
—○— the counts and temperatures
—●— the counts and salinities

The following four points have been deduced from the above examination of the numbers of vertebrae, and dorsal and anal fin rays:

(1) The adult numbers of vertebrae, and dorsal and anal fin rays are fixed by the time the fish reaches to 19 mm in total length.

(2) On the basis of the meristic variation, the fish spawned in the early half of the year can be segregated from those spawned in the later half.

(3) The meristic characters differ depending upon the hatching place, but usually the actual differences are too small to make the meristic variation practically useful in segregating local groups. Therefore, only a few problems on segregation of space-groups may be solved through the meristic approach as far as the sample size of the research remains at the present level. Practically, it may be very difficult to increase the size of samples.

(4) It is estimated through examination of meristic characters and abiotic factors that the postlarvae between 25 and 40 mm in total length are one- to two-month-old on the average.

Chapter 4. Determination of age and growth

In spite of many biological investigations that have recently been made with the anchovy, the estimates of age and growth rate were not well established among

workers. This is partly attributable to the fact that length frequency analysis has usually been unreliable to tracing the growth even in the first year of life because of extensive space and time ranges in the spawning of this species. At present two methods are practically employed for the age determination of the fish : one is the analysis of length data with the aid of vertebral counts, and the other is the scale reading. Discussion in this chapter covers validity of these two aging methods with materials taken on the Pacific coast of Honshû during 1953 through 1955 by the Cooperative Investigation Program.

Section 4–1. Historical review

Even though the anchovy spawn for a long period of time, remarkable peaks in spawning activities occur in some months in a particular waters (p. 151), making it possible to trace the growth of young fish with the length frequency data alone. Ishiyama (1950) estimated the average monthly growth rate as 4.5–6.5 mm for the young fish between 20 and 40 mm in body length, collected at two ports in southern part of Bôsô Peninsula, Chiba Prefecture. Maekawa and Yatsuyanagi (1951) reported that the anchovy in the western part of the Seto Inland Sea grew about 7 and 9 cm in body length at 6 and 12 months after hatching, respectively. Makita (1954) estimated the growth rate of fish in Ôsaka Bay on the basis of length data as follows : the fish reached to about 3 cm in body length at two months after hatching, and around 10 cm in a year after birth ; after then the fish seemed to grow only little ; and the maximal age was regarded to have been two years. Watanabe (1955) also traced the growth of fish in the Japan Sea with the use of length frequency data. But later he (1958 b) concluded that this estimate was erroneous. Tanaka (1956) examined the length frequency data of postlarvae and juveniles obtained during the 1951 and 1952 fishing seasons in the area extending from Enshû Nada to Ise Bay. It was presumable that the postlarvae in the Enshû Nada spawned in spring would enter into Mikawa Bay and Ise Bay in early summer. The length data in 1951 indicated ascernible growth curves. On the other hand, the sizes of fish in 1952 fluctuated irregularly and then the length data failed to indicate any obvious growth curves.

Hayashi (ms) and Hayashi and Kondô (1957) also estimated the growth of young fish using the body length composition of the samples taken in Mikawa Bay and Ise Bay during 1953 through 1955. According to them the fish, seemingly spawned in spring, grew from 5 cm in July to 8 cm in early September. The small sized fish hatching in summer and early autumn ranged from 4 to 7 cm in the early winter when they left the bays.

In addition to the studies on the young fish, Usami (1950) tried to analyse the length data of fish landed on the Pacific coast of Honshû in an attempt to estimating the growth. Except the above particular examples, the length data are not easily analysed to indicate the growth trends of anchovy. Furthermore, the length data obtained from the commercial catch do not always represent that of

the stock in the sea because of change of space-time groups in any one stock. For this reason, many workers attempted to segregate the young fish into groups hatching in different seasons of the year on the basis of the mean vertebral counts to trace the growth from length frequency data.

Aikawa (1948) estimated that the fish grew up over 10 cm in a year after their birth on the basis of analysis of the vertebral counts and the length data. According to Yokota and Furukawa (1952) the length-count relationship indicated that the fish off East Kyûshû grew to 13 cm when they were 18 months old. Makita (1954) used the vertebral counts for proving the growth trends based on the length frequencies. On the basis of length-count relationship, Aikawa (1954) expressed the growth curves of fish spawned at several seasons by the logistic equations. However, the parameters differed widely depending upon the time-groups; the asymptotic length ranged from 11.2 cm to 15.9 cm and the monthly growth coefficient, from 0.35 to 0.57. He pointed out the decrease of the growth rate in the colder months. Ôtsuka *et al.* (1955), who examined the relationship between the body length and vertebral counts of the fish in the western part of the Seto Inland Sea, concluded that the fish spawned in spring grew to 10 cm by December. Other time-groups were thought to grow at the following rates: from 4 cm in September to about 8 cm in December, and from 3 cm in October to 7.5 cm in the ensuing February. According to Ôtsuka *et al.*, the length frequencies were more reliable than the vertebral data in tracing the growth rate of diverse time-groups. Summarizing the data taken in the waters for a period up to 1955, Yasumura *et al.* (1956) concluded the growth after the postlarval stages as follows: the postlarvae of 2–3 cm in body length reached to 5–6 cm in about 3 months, about 8 cm in 6 months, and 12 cm one year later. However, no conclusion was drawn as to whether the large sized fish of 12–13 cm were in their second or third year of life. On the basis of correlation between the vertebral counts and the temperature, Hayashi and Suzuki (1957) estimated the major portion of *shirasu* catch being about one-month old in the age. Combining together the data of the length frequency and the vertebral counts taken at various times and localities in the Japan Sea, Watanabe (1958 b) inferred that the anchovy would attain 12–13 cm in body length during the first year of life.

Recently it has been found that the examination of vertebral counts was not reliable in inferring the hatching season of fish over 10 cm in body length. Kubo *et al.* (1954) first pointed out that the counts were not related to the body length of the fish over 7 cm. The above fact was confirmed with the materials taken in the Pacific waters off Honshû by Hayashi (ms) and Hayashi and Kondô (1957), and off eastern Kyûshû by Asami and Hanaoka (1957). Although Watanabe (1958 a) insisted presence of the significant relationship between the length and the vertebral counts for large sized anchovy, he had to assume the mixture of different time

groups after the fish had exceeded 6 cm in body length.

As to the use of scales to estimate the age of individual specimens, Kanai and Yokota (1954) and Makita (1954) claimed that the rings were not seasonal marks. Nevertheless, there are enough reasons to believe that careful examination of the materials would detect the characters particular to the annuli differing from other rings, because seasonal change of the environmental conditions may be one of the most serious factors of yearly rhythms in the physiology of poikilothermal animals inhabiting the temperate zones. The scale reading has been established for three related species in the temperate zones, *i e. Engraulis encrasicholus* (Fage 1911, 1920, Meek 1916), *E. australis* (Blackburn 1950 a), and *E. mordax*, (Clark and Phillips 1952, Miller 1955). However, the scale method could not be easily applied to a tropical species, *Cetengraulis mysticetus*, of the same subfamily (Howard and Landa 1958, pp. 393, 394).

Working with the Japanese anchovy, Inoue (1949) reported that the fish larger than 9 cm in body length had one ring on the scales when they were caught in the spring, while no ring appeared on the scales of the fish smaller than 9 cm caught in the other seasons. According to a more extensive observation by Hayashi (1951), particular types of the scale rings were found to form likely once a year. The definition of annuli, however, has become to be modified when it was re-examined with materials collected in 1953 (Hayashi and Kondô 1957, pp. 39–41). Since then the basic information of the scale reading was accumulated from the landings on the Pacific coast of Honshû. With regard to the seasonal fluctuation in the condition coefficient of fish taken in 1953 and 1954 at two areas, East Honshû and Ise Bay, Hayashi and Kondô (ms) found that the coefficient lowered in winter and that the seasonal fluctuation differed to some extent depending upon the size of fish. Kondô (1957) distinguished the shape of scales from different parts of a single individual. Hayashi and Kondô (1957) examined the scale rings of fish taken during three years ending in December 1955 on the Pacific coast of Honshû in order to define the annuli and to estimate its formation period. As the result, it has been indicated that the anchovy have formed a particular type of rings once a year during the late autumn through early spring.

Section 4–2. Materials and methods

Most of data for the present study were collected during three years inclusive of 1953 through 1955 in Tôkai and Tôhoku Regions (Fig. 53) by the Cooperative investigations (Tôkai Regional Fisheries Research Laboratory 1955–57). The length frequency study of the adolescent and adult anchovy (over 3.5 cm in body length) is based on 47,556 specimens taken at 23 ports. Out of these samples, subsamples, each consisting of 20 fish, are taken once a ten-day period at each port for more extensive surveys including counts of vertebrae and examination of scales. In addition to these subsamples, scales were taken from most of the fish larger than 10

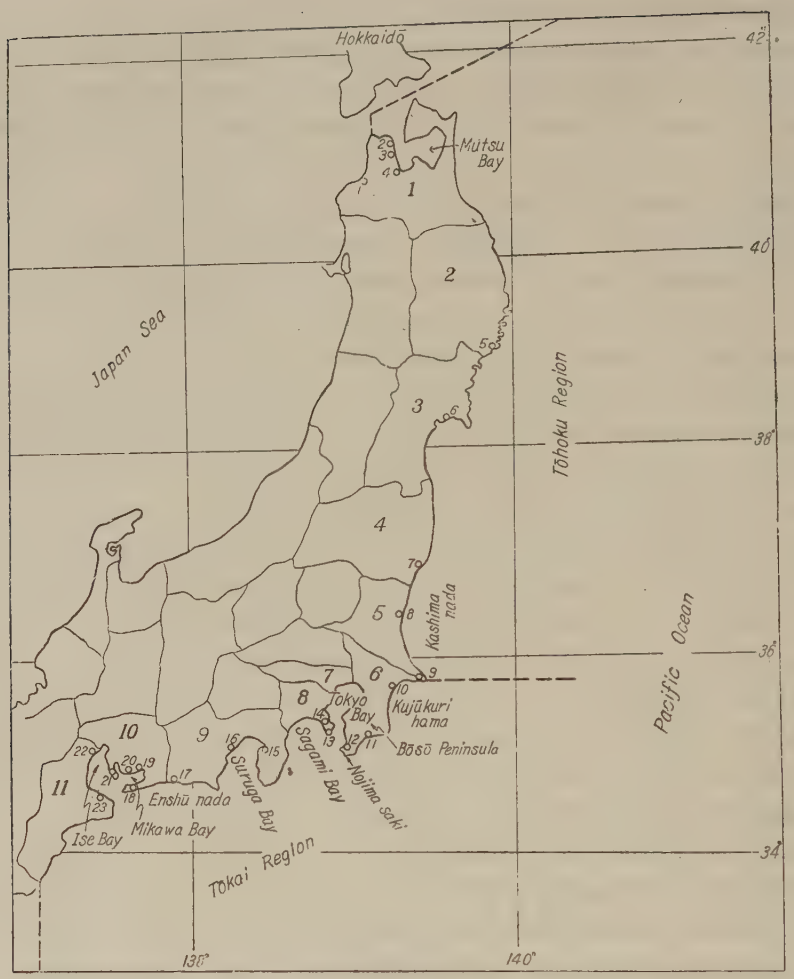


Fig. 53. Map of the Tôkai and Tôhoku Regions with index of geographical positions in Alphabetic order.

Prefecture		Port of Landing			
Aichi	10	Aburakawa	4	Misaki	13
Aomori	1	Ajigasawa	1	Miya	19
Chiba	6	Akabane	18	Nishiura	20
Fukushima	4	Chôshi	9	Onahama	7
Ibaraki	5	Funaoka	2	Sajima	14
Iwate	2	Hirota	5	Shimizu	16
Kanagawa	8	Imaisshiki	23	Tateyama	12
Mie	11	Isohama	8	Tomita	22
Miyagi	3	Kanita	3	Toyohama	21
Shizuoka	9	Katagai	10	Uchiura	15
Tôkyô	7	Katsuura	11	Watanoha	6
		Maisaka	17		

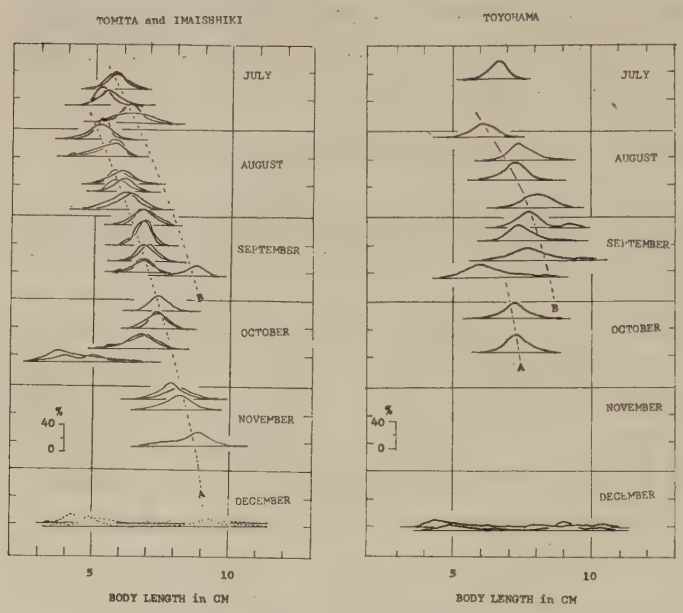
cm among the materials collected for the length frequency study, and those of 398 individuals were prepared and examined as considered necessary. Altogether, age of 6,689 fish from the routine collection was determined by the scale reading. For the analysis of vertebral data, the fragmental records and those counted under naked eyes were excluded in order to keep the conclusions reliable. The number of fish thus examined with the counts amounted 8,880.

Section 4-3. Analysis of length frequency and vertebral counts

An attempt was made to investigate the general growth trends of each stock in the Pacific waters off Honshû from analysis of length frequency and vertebral count data. As mentioned later (pp. 246, 255), the sea area extending between the Bôsô Peninsula and the Kii Peninsula has been considered to include the major spawning grounds of anchovy stocks in the Pacific waters along Honshû except those in Mutsu Bay, which might be immigrants from the Japan Sea. Except the minor stocks in Mutsu Bay, there are four stocks, each in the West, Central, East and North (exclusive of Mutsu Bay) Areas. The most appreciable stocks are the postlarvae in Shizuoka, Aichi and Mie Prefectures, the small sized fish, 6–8 cm in body length, in Aichi and Mie Prefectures, and the large sized fish, over 10 cm, in Chiba and Ibaraki Prefectures. A greater part of the catch in Shizuoka and Kanagawa Prefectures consists of the medium sized fish, and the fisheries in Miyagi and Iwate Prefectures catch the large sized fish in summer as well as the small and medium sized ones in autumn. Based on the above evidence as well as fishing season (pp. 170–172) it is probable to regard that the fish stay in the West Area during the first several months of life, move to the East Area in their first winter, and then toward the North Area in the ensuing early summer. Therefore, the description will be made in the increasing order of size of fish ; small sized fish in the West Area ; medium sized fish in the Central Area ; large sized fish in the East Area ; and those in the North Area.

The West Area comprises the most prosperous fishing grounds, Mikawa Bay and Ise Bay, of the small sized anchovy, mostly shorter than 9 cm in body length. The areal catch has been fairly adverse during the three years under discussion (Fig. 3), as yet it still reaches to 24,000 tons per year and consists of 24 percent of total landings on the Pacific coast of Honshû. The major fishing season lasts from July to December and the catch increases between July and September (Fig. 7). The *pacchi-ami* in Ise Bay and Mikawa Bay plays a leading role to land the anchovy in the area, and then the major effort of surveys was laid on the ladings by this type of fishery at ports on these bays, especially Tomita and Nishiura. In addition occasional samples were provided from the *pacchi ami* catch at Imaisshiki on Ise Bay and Akabane on Enshû Nada. Samples were also taken from the catch of other gear such as round haul based at Toyohama facing on Ise Bay, beach seine at Nishiura

and set net at Miya on Mikawa Bay and beach seine at Akabane (Tôkai Regional Fisheries Research Laboratory 1955–57). Because almost all the catch was made up with fast-growing fish, the length frequencies have been treated by each collection.



——at Tomita ·····at Imaisshiki

Fig. 54. Length frequencies of the anchovy samples taken at the ports on Ise Bay in 1953.

The length data taken at Tomita in 1953 indicate the growth trends most clearly (Fig. 54). Except one sample that was obtained in May and regarded from mode of body length, 3.5–4 cm, to have been spawned in spring of the year, the dominants seem to have had regular increase of the length during four months from August to November ; 5–6 cm in early August, 6.5–7 cm in middle September, 7–7.5 cm in early October and 7.5–8.5 cm in early November. Beside them there appeared a little larger fish, 5–6.5 cm in July and 8.5–9 cm in September, and smaller ones, 3.5–4 cm in October. Thus, it may be acceptable to assert that the landings comprise two major groups hatching at slightly different times in the spring, the dominant *A* group taken in August through November and *B* in July and in September. The fish taken in May were considered to have been a member of *B*, because of the resemblance of length. As the vertebral count data were obtained from the fish of these spring groups, it was expected that the mean counts might be homogeneous among these samples, if the change in size would be ascribable to growth of the same groups consisting of fish that hatched at almost the same time. Although actually the an-

Table 63. Analysis of variance of mean vertebral counts of anchovy taken at Tomita in 1953.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Month	5	0.7332*
Errors	494	0.3210
Between samples	19	0.2235
Within sample	475	0.3249

For asterisks, see footnote of Table 14.

Table 64. Monthly mean vertebral counts of anchovy taken at Tomita in 1953.

Month	May	July	August	September	October	November
Mean counts	45.40	45.50	45.41	45.52	45.40	45.29

alysis of variance indicates significant difference between vertebral counts (Table 63), it is noted that the mean counts are nearly constant during May through October, ranging between 45.40 and 45.52 but suddenly decrease to 45.29 in November (Table 64). On the basis of the homogeneity in mean vertebral counts among fish taken during May through October as well as the regular increase of length for the entire period, it is almost impossible to assert the difference of the mean counts in November, although statistically significant, to be indication of a change of exploited groups.

Of the catch landed in December 1953 at Imaisshiki, two modes are observed; one lies between 9 and 10 cm and the other, 4–5 cm (Fig. 54). The large and small groups seem to be continuations from the growth trends of spring- and summer-groups at Tomita, respectively.

Table 65. Analysis of variance of mean vertebral counts of anchovy taken at Toyohama in 1953.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Group	1	5.3255***
Errors	215	0.3031
Month	3	0.5384
Between samples	6	0.3498
Within samples	206	0.2983

For asterisks, see footnote of Table 14.

The seasonal fluctuation in the length frequency of the catch landed at Toyohama in 1953 is more irregular than that at Tomita, precluding any conclusive estimate of growth rate. But it was suggested that the catch consisted chiefly of a single group *A*, growing from 6–7 cm in middle July and Augut to 7–8.5 cm in middle September. In late September modal length of the catch decreased to about 6 cm, and increased again to 7 cm in October, having indicated appearance of the younger fish (Fig. 54). Generally speaking, the larger fish taken during July through middle September are comparable to the major groups, *A* and *B*, taken at Tomita, and the smaller fish are regarded to have hatched in the summer. The vertebral counts differ significantly between these two major time-groups, being 45.50 for the fish

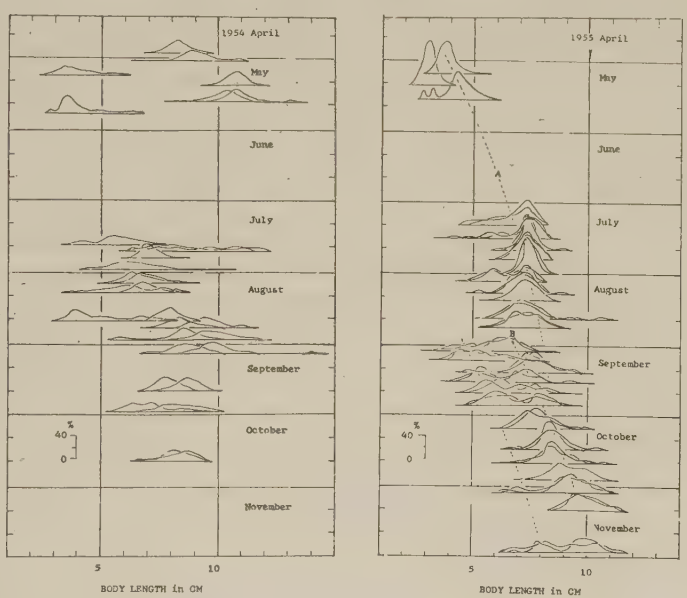


Fig. 55. Length frequencies of the anchovy samples taken at Tomita in 1954 and 1955.

spawned in spring, and 45.17 for those in summer (Table 65).

In the spring 1954, small fish, around 3 cm, and larger fish ranging between 7 and 12 cm were sampled at Tomita (Fig. 55), although the amount of catch was not significant (Fig. 7). It is sure that the former hatched in the spring and the latter, in the previous autumn. The length data during July through October were scattered so widely that the growth trend was not readily determined. With the analogy of growth in the previous year, it was supposed that the general boundary length between 0– and I-age fish to be 7.5 cm in July, 9 cm in August and 9.5 cm in September. A detailed inspection of data suggests a series of growth trend of 0–age fish as follows: 6–6.5 cm in late July, 7.5–8.5 cm in late August and 8.5–9 cm in early September. The other groups in September and October could not be determined by the growth trend through inspection of the length data but they are also supposed to have hatched during the spring and early summer. A survey of the vertebral counts covered the fish, mainly 0–age, caught during July through October. In spite of such wide range in the length frequencies, the mean vertebral counts by sample, extending between 45.24 and 45.44, indicated no evidence of heterogeneity among the fish supposedly in the first year of life (Table 66). The young anchovy in the bay might occur during the spring, because the mean vertebral count, 45.35, was comparable with that of the postlarvae collected in April through June of the year at Akabane (pp. 191, 192).

Table 66. Analysis of variance of mean vertebral counts of anchovy taken at Tomita in 1954.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Between samples	12	0.2082
Within samples	587	0.3158

In 1954, only five samples were taken at Toyohama. A sample in January comprised small fish, 3.5–7 cm in body length, with low mean vertebral count, 44.80. Two other samples in February consisted mainly of small fish ranging from 4 to 10.5 cm. The vertebral counts of one of them, comprising 18 fish of 5.7–7.8 cm, are averaged 44.96. Therefore, they are regarded to have hatched in the autumn 1953. A sample taken in August comprised fish from 8 to 11 cm with the mean vertebral count of 45.31 indicating that the fish were spawned in the spring. A sample in September comprised small fish less than 5.5 cm in body length, and had fairly less vertebrae, 45.20 on the average.

Among the samples taken in the summer 1955 at Tomita, three groups were distinguished from inspection of the length frequencies. The first group, *A*, collected between early July and middle August seemed to comprise several groups slightly differing in the hatching time, as the modal length, 7–8 cm, did not increase appreciably for a month and half. Leaving out several samples taken in early September, lengths of which were scattered widely, two major groups were found during the autumn. Modal length of the group, *B*, increased in such a rate; 7–8

cm in middle September, 8–8.5 cm in middle October and around 9 cm in early November. This growth trend seems to continue to the large sized fish around 10 cm taken at the end of November. The last group appeared in September, seemingly growing from 5–5.5 cm to 6–6.5 cm during the month. It is possible to suppose that the growth trend continues to a small mode around 7 cm in early November and to another, 7.5–8.5 cm in the later part of the month (Fig. 55). Mean vertebral counts of the former two groups, both 45.29, were significantly higher than that of the latter, 45.09 (Table 67). Therefore, it is supposed that the large sized two groups occurred in the spring, and the small one, in the summer or autumn. The sampling in 1955 at Toyohama was so fragmental that no conclusion could be drawn on the growth of fish exploited in the adjacent waters.

Table 67. Analysis of variance of mean vertebral counts of anchovy taken at Tomita in 1955.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Group	2	1.5612***
Errors	456	0.2677
Month	5	0.1455
Between samples	15	0.1473
Within samples	436	0.2732

For asterisks, see footnote of Table 14.

The above examination of the length frequencies and the vertebral counts shows that 0-age anchovy spawned during spring and early summer comprise the major portion of the stock exploited in Ise Bay. Because a group of the fish may be caught by fisheries based at two or more ports, the growth curves are to be drawn on the basis of the data taken at all the ports on the bay (Fig. 56). In calculating the means, samples with bimodes were divided into two fractions, and several samples and fractions consisting of less than 10 fish were eliminated. In order to compare the growth trends quantitatively, some of the obvious trends were fitted to the Bertaranffy's equation through the method applied for the sardine (NAKAI and HAYASHI ms a and b). The growth curves of *A* and *B* groups in each of 1953 and 1955 are

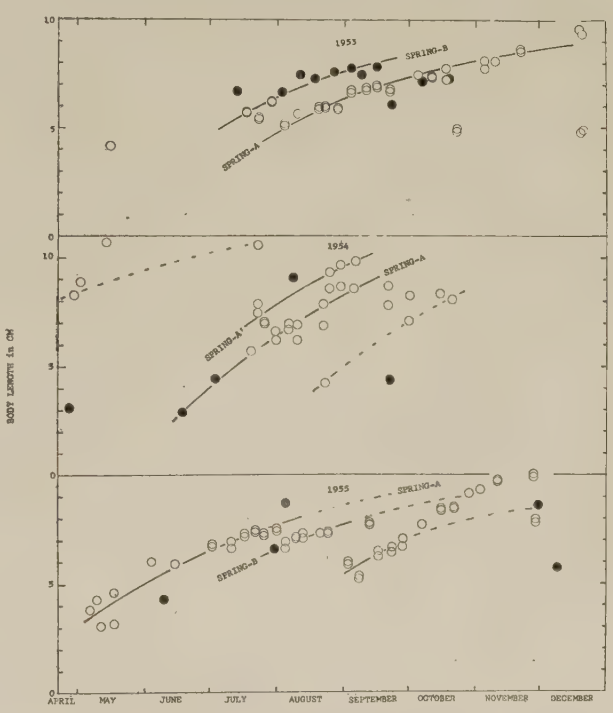


Fig. 56. Mean body length of the anchovy samples taken at the ports on Ise Bay, 1953–55.
○ at Tomita ● at other ports

comparable with those based on length frequency data (Figs. 54, 55). It should be noted that the growth curves for groups collected in 1954 are less confirmative because of the wide-scatter of the length frequencies. The monthly growth coefficients are averaged at 0.38 and comparable with those of the sardine in the first

Table 68. Parameters of growth curves of several time-groups in Ise Bay, 1953–55.

Year class		Asymptotic body length	Monthly growth coefficient	Estimated time of hatching	Body length at the end of yea
1953	Spring–A	9.80 cm	0.36	late May	8.99 cm
	Spring–B	9.74	0.42	early May	9.34
1954	Spring–A′	12.78	0.42	middle May	12.19
	Spring–A	14.53	0.27	late May	12.40
1955	Spring–A	11.00	0.30	late March	10.26
	Summer–B	12.89	0.36	middle July	10.84

year of life (Nakai and Hayashi ms b, Hayashi 1957, p. 17). The estimated time of hatching is surely later than the actual one because the growth rate in the early stage of life, which should increase with the development, is not expressed by this kind of equation. Excluding the estimates for the 1954 class, which are less reliable, it may be concluded that 0-age anchovy attain 9–11 cm by the end of the

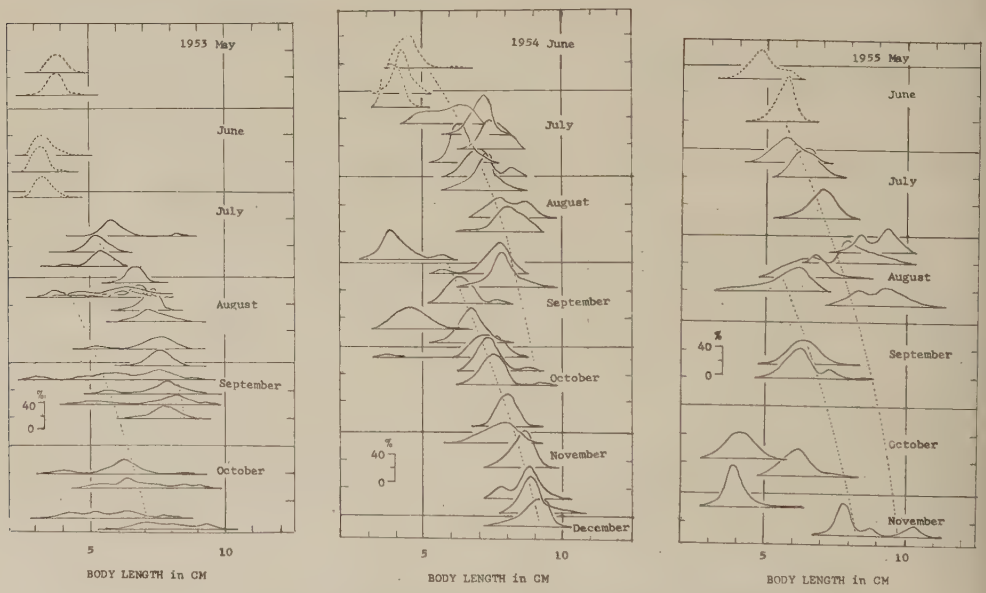


Fig. 57. Length frequencies of the anchovy samples taken at Nishiura in 1953–55. ····· by beach seine —— by *pacchi ami*

first year of life (Table 68).

Examination of the length data taken in 1953 at Nishiura, Mikawa Bay, shows more than two groups, each differing in body length from the other (Fig. 57). The first and most dominant one grows at such a rate that the modal length is 5–6 cm in late July, 6–7.5 cm in early August, 7–8 cm in late August and about 8 cm in

September. The second group has the modal length of about 6 cm in early October and seems to attain around 7 cm in length by the later part of the month. In addition, there appear samples consisting of small fish, less than 5 cm, in early summer, and fish of various sizes in the autumn. The two dominant groups that indicate a regular increase of length, *i.e.* one in the months of July through September, and another in late October, are regarded to have hatched in spring and summer, respectively, because the vertebrae of the former, 45.36 on the average, are significantly more numerous than those of the latter, 45.00 (Table 69). These growth curves are comparable with the fish obtained from Ise Bay.

Table 69. Analysis of variance of mean vertebral counts of anchovy taken at Nishiura in 1953.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Group	1	4.3138***
Errors	214	0.3173
Month	3	0.1374
Between samples	6	0.5231
Within samples	205	0.3120

For asterisks, see footnote of Table 14.

Collected at this port in July 1954, the small and certainly 0-age fish, 5–6 cm, seemed to have derived from the postlarvae exploited in preceding May and June. The group were not landed at this port, after they grew up 8 cm in early September. In middle September, another small sized fish appeared there, attaining about 9 cm in early December. The growth curves based on the materials taken in 1954 do not agree with those for the fish in Ise Bay taken in the year, but with those for the fish in Mikawa Bay and Ise Bay during the other two years. The data in 1955 were too scarce to reveal the growth trends. But the large sized fish taken in the summer and autumn are regarded to have been spawned in the spring, and the small sized ones caught in the autumn hatched in the late summer or early autumn (Fig. 57).

The above observation on the anchovy taken from Ise Bay and Mikawa Bay is summarized as follows. In July when the commercial fishing is permitted there, the spring group of 0-age fish, the most prosperous in the landings, are first exploited, growing from 5 to 8 cm during July through early September. The growth trend suggests that the fish attain 9–11 cm in late December. The fish of the second group that also hatched in the spring or early summer but is a little smaller than the first group, enter into the fishing grounds in the bays during August and September, and measure about 9–10 cm when they leave there in December. A minor amount of the small sized fish spawned in the summer and autumn is obtained before they leave there in winter when the lengths range between 4 and 8 cm.

The Central Area comprising Shizuoka and Kanagawa Prefectures, especially the waters inclusive of Suruga Bay and Sagami Bay provides the medium sized fish between 7 and 11 cm (Fig. 58), chiefly caught by the round hauls although the amount, 11,000 tons per year or 7 percent of total catch on the Pacific coast of Honshû,

is not as appreciable as that in any other area. The fishing season has varied remarkably from year to year (Fig. 7), and then the survey programs were disturbed so that they failed to have provided sufficient information on the growth and the origin of stock.

At Shimizu, the samples with a modal length between 7 and 8.5 cm, larger

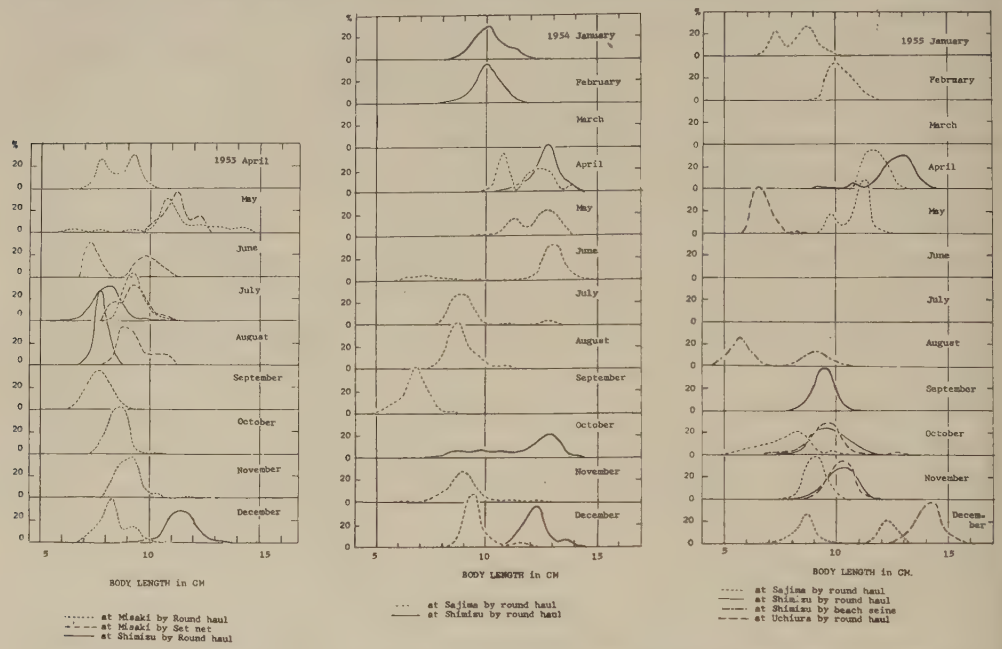


Fig. 58. Monthly length frequencies of the anchovy catch at the ports in Central Pacific Area of Honshû, 1953–55.

than those in the West Area, were collected in the summer 1953. The catch in December of the year consisted mainly of the large sized fish from 10 to 11 cm in model length. These fish have less vertebrae than those taken in the West Area. Especially the mean count, 44.98, of the fish taken in the summer is significantly lower than that at 45.18 in the winter (Table 70). All this information indicates that fish spawned in the autumn 1952 appeared in the waters adjacent to Shimizu in the summer, and they still comprised appreciable portion of the winter catch, growing from about 8 cm to 11 cm during the half-year period.

Table 70. Analysis of variance of mean vertebral counts of anchovy taken at Shimizu in 1953.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Group	1	3.8974***
Errors	215	0.2097
Month	1	0.0957
Between samples	8	0.3380
Within samples	206	0.2053

For asterisks, see footnote of Table 14.

During December 1953 through the ensuing February, some amounts of the large sized fish were landed at Shimizu. The dominant size groups differed slightly depending upon the month, 10–12 cm in December, and 9–10 cm in the following

two months. This indicates that II-age fish (I-age in December) first appeared in the fishing ground and then the younger fish, I-age (0-age in December), replaced the older ones. If the mean vertebral counts were examined with two criteria including the sample and the body length class divided by one-cm interval, the former was only a significant source of variation (Table 71). This is attributed to a fact that the samples consisting of 9–10 cm fish taken in February had much more vertebrae, 45.40 on the average, than those in December, 45.18 on the average. It is suggested that the mean vertebral count was higher in 9–10-cm-group than in the others. These findings imply that the spring group attained about 9–10 cm by the first winter of life, and the autumn group, about 11–12 cm by the end of the second year of life. In the subsequent months of 1954, only a few samples were collected at the port.

Table 71. Analysis of variance of mean vertebral counts of anchovy taken at Shimizu during December 1953 through February 1954.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Length	3	0.4492
Sample	6	0.7081*
Errors	118	0.2743
Interaction	9	0.3549
Within cells	109	0.2677

For asterisks, see footnote of Table 14.

In 1955, the samples were collected at Shimizu in April, May and August through December and at Uchiura in May and October through December. As the vertebral count data were not reliable for troubles in the surveys, only possible explanation of the growth is based on the length frequencies. The fish collected at Shimizu in April, measuring 12.5–13 cm in modal length, seemed to have been derived from 12-cm group in the previous December. The medium sized fish, 6–7 cm, taken in May at Uchiura might have been spawned in the previous autumn. The data taken in the autumn suggest that the group might grow at such a rate; 8.5–9 cm in August, 9 cm in September, 9.5–10 cm in October and 10–10.5 cm in November. The spring group grew as follows; 6 cm in August, 8 cm in October, 8.5–9 cm in November, and then intermingle together with the autumn group in the early winter. The samples in December show three modes, *i e.* 8.5 cm, 12–12.5 cm and 14–14.5 cm, representing 0-, I- and II-age fish, respectively (Fig. 58).

During 1953, the length data in Kanagawa Prefecture were mainly taken from the landings of the round hauls at Misaki. The survey also covered the set net catch at the port with less extent. The catch in April and May comprised fish spawned in the spring through autumn 1952, 6–11 cm in body length, as well as seemingly one-year older fish, 10–14.5 cm. The growth trend of the autumn group in the second year of life was traced during middle June through early August, from 7–7.5 cm to about 9 cm. This is comparable with the growth of the fish exploited near Shimizu in the summer. During one month beginning in middle September, another growth trend, from 7.5–8 cm to about 9 cm, was suggested as found in the West Area. The length data in the following period showed that the

fish spawned in the late spring were 8.5–9 cm in November and 9–9.5 cm in December.

The samples collected at Sajima in 1954 included several groups, differing in body length as well as in season and ground of fishing; the large sized fish of 10–14 cm caught during April through July, the medium sized ones from 7 to 9 cm during June through August, and the small sized ones, about 7 cm in September from Sagami Bay; and the medium sized fish around 9–10 cm in November and December from Tôkyô Bay (Fig. 58). However, no segregation of groups was made available with examination of the vertebral counts. Therefore, they may not to have been spawned in the different seasons of a single year but in different years (Table 72). According to the analysis of the mean vertebral counts of the large sized fish in Sagami Bay during April through June based on two criteria including sample and one-cm interval of length, the lowest mean seemed to be associated with the medium sized fish; 45.20 for 10–11 cm class, 45.15 for 11–12 cm, 45.29 for 12–13 cm and 45.44 for 13–14 cm. This suggests that the length class of 11–12 cm consists of the autumn groups of II-age. Among the other groups taken during June through December, all the fish from Sagami Bay had the mean count, 45.44, particular to the spring group. Of the fish from Tôkyô Bay, two different means of vertebral counts were found; the numerous one, 45.38, was found in the fish with a modal length of 8.5–9.5 cm, and the other, 45.08, to those with a modal length of 8–8.5 cm (Table 73). This difference may not be fully confirmed because the fish with the exceptionally few vertebrae were represented by only two samples and because their length resembled that of the others taken in the same time. But this finding still suggests that the minor amount of fish spawned in the summer appeared in Tôkyô Bay at the end of the first year of life, reaching about 8–8.5 cm.

Table 72. Analysis of variance of mean vertebral counts of anchovy taken at Sajima during April through early June 1954.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Length	3	0.3486
Sample	6	0.3825
Errors	163	0.3491
Interaction	13	0.4237
Within cells	150	0.3427

Table 73. Analysis of variance of mean vertebral counts of anchovy taken at Sajima during late June through December 1954.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Group	3	2.4939***
Errors	540	0.3305
Between samples	11	0.4760
Within samples	529	0.3274

For asterisks, see footnote of Table 14.

Out of the fish collected at Sajima in January and February 1955, only those larger than 8 cm in the body length were determined by the vertebral counts. Those fish having the mean count of 45.32 seem to have hatched in the preceding spring or early summer. Seemingly the same group of I-age fish in April, 11–12 cm, also showed the mean count of 45.32 that was significantly higher than 45.14

of the smaller fish, 9–11.5 cm, of the same age in May. The fish collected at the ports in October had body length extending from 5 to 11 cm that was the most conspicuous, though not significant, source of variation of mean vertebral counts (Table 74). The mean vertebral counts of the 8–10 cm groups comprising the oldest fish of 0-age are higher than those of the others: *i. e.* 44.98 for 5–6 cm class, 45.17 for 6–7 cm, 45.31 for 7–8 cm, 45.47 for 8–9 cm, 45.63 for 9–10 cm, and 45.38 for 10–11 cm.

Table 74. Analysis of variance of mean vertebral counts of anchovy taken at Sajima in October 1955.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Length	5	0.4695
Sample	4	0.1756
Errors	199	0.2948
Interaction	8	0.3478
Within cells	191	0.2926

In regard to the fish exploited in Suruga Bay and Sagami Bay, it has been indicated that the two time-groups spawned in the spring and summer attain 9–11 cm and 7–8 cm in the late autumn, respectively. The mean vertebral counts decrease for the fish with the intermediate length between 0- and I-age as well as for the summer and autumn groups in the first year of life.

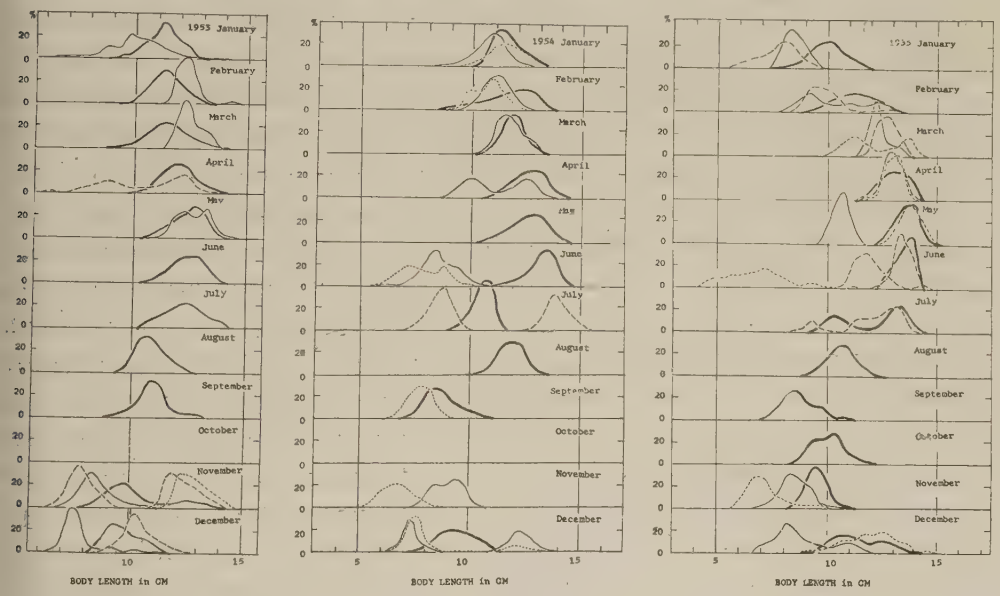


Fig. 59. Monthly length frequencies of the anchovy catch at the ports in East Pacific Area of Honshû, 1953–55.

····· at Onahama —— at Isohama and Nakaminato
—— at Chôshi --- at Katagai, Katsuura, Ôhara and Tateyama

Anchovy catch in the East Area has been 89,000 tons per year or 61 percent of the coastal total landings of this species. Especially the waters along Kujûkuri Hama and Kashima Nada have been the most productive of the large sized anchovy, 9–14 cm in body length, caught by round hauls with their activities concentrated in the colder months. In every year, the young fish, around 9–10 cm in the modal

length, appear in autumn, and they are replaced by the larger ones, over 12 cm, in either one of the winter months (Fig. 59). The stress of surveys was laid on the landings at Chôshi, Chiba Prefecture, and Isohama, Ibaraki Prefecture. Occasional surveys covered the catch at some other ports including Onahama in Fukushima Prefecture, Nakaminato in Ibaraki Prefecture, and Katagai, Ôhara, Katsuura and Tateyama in Chiba Prefecture.

At Chôshi, the measurement of length composition was carried out every month except October during 1953. The data from January to July showed a growth trend of the fish with the modal length regularly shifting as follows: 11–11.5 cm during January through March, 11.5–12 cm in April, and 12–13 cm during May through July. Vertebral counts of fish taken in April through July were averaged at 45.24 being intermediate between those of the spring and the autumn groups. The catch at Tateyama in April had two modes, one being about 9 cm and the other, 12 cm. The former is regarded as representing the fish spawned in the previous autumn on the bases of low mean vertebral counts, 45.15, as well as the small size. The latter mode almost agrees with the stock exploited near Chôshi in body length 12–13 cm and mean vertebral counts, 45.30. In August the modal length at Chôshi decreased to 10.5–11 cm, reflecting appearance of the younger fish. In September, the modal length further decreased, but the range of the composition extended to the larger side from that in the previous month, indicating that the large stock of 0-age fish was possibly recruited. In November the modal length was drawn back to 9–9.5 cm, corresponding to the fish in the West Area, while a minor mode remained at 12.5–13 cm likely representing the older fish. The mode at 9–10 cm was still observed in December. At Katsuura, 0-age fish, 7.5–8 cm, were landed in November, and larger ones, 10–10.5 cm, in December. Both of them are regarded to have hatched in the spring because of the high mean vertebral count, 45.37. Among samples taken at Chôshi, three groups of different sizes were found: fish in January through July, in August and September, and in November and December. It is possible to postulate that dominant age of each stock was II, I and 0, respectively. If this postulation was invalid and these groups hatched in different seasons of a single year, significant difference in the vertebral counts is to be expected. The present data showed the difference only between samples taken in the same months, but neither between groups nor between months (Table 75). For this reason, it is concluded that the above three groups correspond to the age classes but not to the seasonal groups. The vertebral counts were averaged to be 45.27 that was between the means of

Table 75. Analysis of variance of mean vertebral counts of anchovy taken at Chôshi in 1953.

Source of variation	*d.f.*	Mean square
Group	2	0.2033
Month	4	0.6585
Between samples	3	0.9467*
Within samples	186	0.3110

For asterisks, see footnote of Table 14.

ne spring and autumn groups. Therefore, it is probable that the stock of large ized anchovy exploited in the waters around Chôshi consists of fish spawned in ifferent seasons of two or more years.

During 1953–54 season, the young fish, measuring 9–9.5 cm in body length, ap- eared first in November as mentioned above, and were successively caught till the nsuing January when their modal length increased to around 11 cm. Their ver- ebral counts were averaged to be 45.24. Most of fish collected at the other ports n the prefecture, Katagai and Katsuura, during November through February, re- embled those at Chôshi in the modal length, 8–10 cm, and in the mean vertebral ounts, 45.36. In February at Chôshi, the large sized fish, over 12 cm, appeared in ddition to the smaller ones, 9–12 cm, though the length frequency curves failed to e segregated into these two age groups. The large sized fish, 11.5–13.5 cm, ap- eared in March at Katagai. During the subsequent two months, samples at Chôshi nd Katagai were mostly the large sized fish indicating virtual growth of 0.5 cm. n the samples collected at Chôshi, length frequency curves were skewed toward ight hand, slightly in the first two months, then very markedly. This may lead ne to a thought that the fish in the ea grew from 10 to 15 cm during anuary through June. However, n view of the vertebral count ex- mination that failed to reveal ignificant effect of the interaction etween body length and month, in pite of such a long extent of peri- d (Table 76), the apparent shift f modal lengths was regarded to have been indication of change in the available roup rather than of actual growth. This was supported by the fact that the ength frequency curve obtained at Katagai in June was normal. Furthermore, mong fish taken in June at Chôshi and Katsuura, it was suggested that the length roup of 10–11 cm and 12–13 cm, supposedly spring groups of I- and II-age fish, had ieans of the counts as high as 45.30, while the mean of 11–12 cm group comprising ne autumn group of II-age fish was as low as 45.20, although the length-dependent hange in the mean vertebral counts differed from sample to sample. Samples aken at Chôshi in July comprised the large sized fish. around 13 cm, supposedly ne spring group and smaller ones, slightly over 10 cm, and those in August repre- ented only the smaller mode, 10.5–11 cm. In July, a bimodal length frequency was btained at Katagai. During the subsequent three months, the small fish with ewer vertebrae, 45.17 on the average, were successively taken mainly at Chôshi, aving been 8 cm in September, 10–11 cm in October and 9–9.5 cm in November.

Table 76. Analysis of variance of mean vertebral counts of anchovy taken at Chôshi during January through June 1954.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Length	4	0.0882
Month	5	0.1017
Errors	110	0.3033
Interaction	3	0.5581
Within cells	107	0.2962

The large sized fish, over 12 cm, with the mean vertebral count of 45.34 in

1954–55 season appeared at Chôshi first in December, with more numerous small fish, 10–11 cm, having the mean count of 45.50. The fish taken at this port in January and March, 11–12 cm, were smaller than those, over 12 cm, in the previous seasons. Even though the vertebral count data were insufficient it was found that the fish taken in these two months had less number of vertebrae, 45.25 on the average, than those in December and February, 45.40. For these reasons, most of fish over 12 cm in the winter might be the spring-group while slightly smaller ones, the autumn-group. The large sized fish in the following months had the intermediate mean count of 45.29, except those in May which were slightly smaller than the others and had fewer count of 45.20. After the summer 1955 when 10–11.5 cm fish comprised a greater portion of the landings at the port, smaller fish were exploited, growing from 8–8.5 cm in September to 9–10 cm in December.

Table 77. Analysis of variance of mean vertebral counts of anchovy taken at Isohama in November and December 1953.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Length	3	0.3299
Sample	8	0.5284
Errors	281	0.3228
Interaction	14	0.3067
Within cells	267	0.3232

In Ibaraki Prefecture, almost all the samples were collected at Isohama during winter as the fishing season has began with November. The modal length in January 1953 at this port was at 9.5–10 cm and smaller than that at Chôshi. Therefore, the major portion of the catch was considered to have been one year old. In February and March the modal length shifted suddenly to 12–12.5 cm. The amount of discrepancy from the mode in January was too large to be attributed to growth within a month. For this reason, most of the fish in these months were regarded to be II-age. In May drift nets based at Nakaminato caught the large sized fish, 11–13.5 cm, comparable to the landings at Chôshi (Fig. 59). The length composition of catch in November and December at Isohama showed a modal length between 7 and 8.5 cm, again smaller than that at Chôshi. This length and the high mean vertebral count, 45.35, indicate that nearly all the fish were spawned in the spring. A detailed examination of the count data indicated that neither sample nor length was significant source of vertebral variation (Table 77), although it was suggested that the larger fish had more vertebrae than the smaller ones: *i. e.* 45.08 for 6–7 cm class (including a specimen of 5.8 cm), 45.35 for 7–8 cm, 45.40 for 8–9 cm, and 45.54 for 9–11 cm.

The small sized fish, 8-9 cm in body length, with the mean vertebral count of 45.25 were successively caught in January 1954. In February, the large sized fish, around 12 cm in modal length, appeared in addition to the small sized ones at Isohama. The catch in the next month consisted of only the large sized fish, around 12 cm in modal length. An examination of the vertebral counts of the fish

aken in January through March indicated that the low mean was associated with he length groups between two ages as well as with the small fish at beginning of he second year of life, although the difference was not confirmed statistically Table 78). The means are; 45.31 or 7–8 cm class, 45.35 for 8–9 cm, 5.30 for 9–10 cm, 45.16 for 10–11 m, 45.30 for 11–12 cm, 45.33 for 12–3 cm and 45.43 for over 13 cm. In May a sample consisting of fish lightly smaller than 11 cm in the nodal length and with 45.38 of the nean vertebral count was taken at he port. The small sized fish a-ound 8 cm appeared in November. The catch in December comprised he large sized fish around 11 cm s well as the small ones. The ver-ebral count data showed a slight eterogeneity in the mean depending n samples taken in these months Table 79). This is attributed to he fact that two samples, each con-isting of either medium sized fish f mean body length of 8.51 cm, or of large sized fish of 10.41 cm, had fewer ver-ebrae, 45.15 on the average, and another, 7.83 cm in mean length, had more bones round 45.51 on the average than the rest. Although the above data do not indi-ate any significant relation between length and vertebral counts, a detailed examina-ion again suggests decrease of mean counts for the intermediate length class as ollows: *i. e.* 45.10 for less than 8 m, 45.35 for 8–9 cm, 45.24 for 9–10 m, 45.36 for 10–11 cm and 45.29 for ver 11 cm.

Table 78. Analysis of variance of mean vertebral counts of anchovy taken at Isohama in January through March 1954.

Source of variation	*d. j.*	Mean square
Length	6	0.0811
Sample	6	0.3725
Errors	302	0.3073
Interaction	12	0.4217
Within cells	290	0.3025

Table 79. Analysis of variance of mean vertebral counts of anchovy taken at Isohama in November and December 1954.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Length	4	0.3630
Sample	4	0.6799*
Errors	208	0.2691
Interaction	8	0.3842
Within cells	200	0.2645

For asterisks, see footnote of Table 14.

The large sized fish for 1954-55 eason replaced the small fish in anuary but the length of the for-ner in the first three months, 11 m, was smaller than the compar-ble groups in the previous years, 12 cm or larger. Among the fish taken in Janu-ry through March, the mean vertebral counts again do not differ depending on ength or sample (Table 80), but they are lower for the intermediate length groups;

Table 80. Analysis of variance of mean vertebral counts of anchovy taken at Isohama in January through March 1955.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Length	3	0.7831
Sample	8	0.4132
Errors	377	0.3072
Interaction	21	0.1677
Within cells	356	0.3155

i. e. 45.27 for 9–10 cm class, 45.17 for 10–11 cm, 45.32 for 11–12 cm and 45.43 for over 12 cm. The catch in April at the port comprised two modes, one at 10 cm and the other at 12.5–13 cm. There was no segregation among small sized fish, smaller than 12 cm, on the basis of the number of vertebrae that were averaged to be 45.24. In June a sample comprising 0-age fish, small in body length, 8.7 cm, but higher in mean vertebral count, 45.40, was collected. Fish around 8–9.5 cm appeared in November. Length frequency curve of the fish taken in December showed two modes, one at 7–7.5 cm and the other at 12–12.5 cm. No segregation based on mean vertebral counts was obtained between large and small sized fish taken in the last two months. The length class within each size group was also not significant source of vertebral variation (Tables 81, 82), but decrease of the mean counts was again found for the small and intermediate length classes; *i. e.* 44.89 for 7–8 cm class, 45.33 for 8–9 cm, 45.39 for 9–10 cm, 45.19 for 11–12 m, 45.42 for 12–13 cm and 45.41 for 13–14 cm.

Table 81. Analysis of variance of mean vertebral counts of small sized anchovy taken at Isohama in November and December 1955.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Length	2	0.5152
Sample	4	0.2606
Errors	78	0.3222
Interaction	6	0.6298
Within cells	72	0.2965

Table 82. Analysis of variance of mean vertebral counts of large sized anchovy taken at Isohama in November and December 1955.

Source of variation	*d. f.*	Mean square
Length	2	0.1730
Sample	1	0.0106
Errors	33	0.3022
Interaction	2	0.3137
Within cells	31	0.3014

In Fukushima Prefecture, only a minor amount of data was taken at Onahama. Most of the length frequency curves were found to be consensus with those taken in the same months at either port in the southern two prefectures. The most remarkable feature of the catch at this port is occurrence of the small sized fish during summer and autumn.

Summarizing the above observation of data taken in the East Area it is concluded that the vertebral count data do not reveal any appreciable variation between different length groups of large sized fish, probably because the growth rate in the older stage decreases so as to permit the fish spawned in different times of a single year to intermingle each other. The mean count of fish in winter is low for the length classes smaller than 7 cm and between 9 and 11 cm, and high for those between 7 and 9 or 10 cm and over 12 cm. This indicates that the fish over 12 cm and between 7 and 9 or 10 cm were spawned in the spring and the others, in the summer and the autumn. The estimated length of the spring group at the end of the first year of life agrees with the length of the young fish taken in the West and Central Areas. The fish over 12 cm are regarded to be older by one year than the smaller fish.

However, more detailed growth curves can not be drawn based solely upon the analysis of length frequencies and vertebral counts.

About 11,000 tons of anchovy (8 percent of the coastal total) were landed annually from the waters of North Area inclusive of Aomori, Iwate and Miyagi Prefectures during the period under study. Set nets are the most important for anchovy catch in the area. In addition, round hauls played some appreciable role in catching the fish in the southern two prefectures. The surveys covered the set net landings at Aburakawa, Kanita and Funaoka on Mutsu Bay, Aomori Prefecture, at Hirota in Iwate Prefecture and at Watanoha in Miyagi Prefecture. The round hauls at Watanoha also provided some samples. As assumed above, two local groups seem to appear in the area ; one originates in the Pacific waters off Honshû and migrates from the southern areas, and the other is immigrants from the Japan Sea. Although this has not been proved yet conclusively, it is reasonable to assume that most stocks of the anchovy in Iwate and Miyagi Prefectures belong to the southern groups, while those in Mutsu Bay occurred in the Japan Sea. Therefore, the description is given for each subarea.

The survey on the Pacific coast has not been extensive enough, but still indicates that the large sized fish, around 12–14 cm in modal length, have appeared during early summer through early autumn. In view of the continuation of the fishing season and the body length, as well as resemblance in the mean vertebral counts, usually exceeding 45.25, most of the large sized fish are regarded to have migrated from the southern areas. In summer, small sized fish

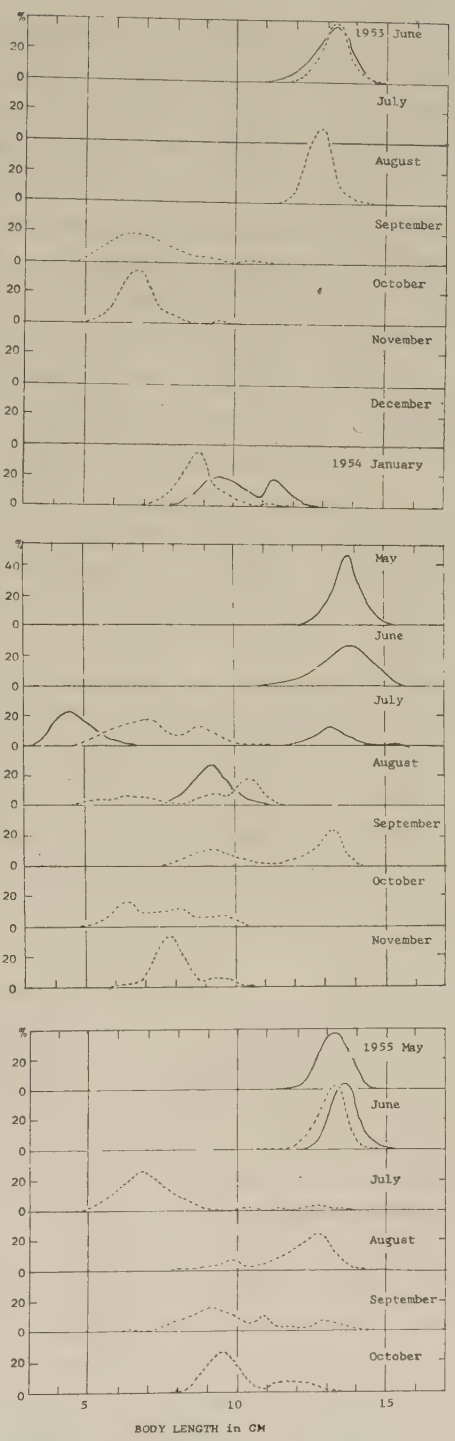


Fig. 60. Monthly length frequencies of the anchovy catch at Hirota and Watanoha in North Pacific Area of Honshû. 1953–55. ····· at Hirota —— at Watanoha

around 6–8 cm are recruited to the stocks and then gradually replace the large fish. In addition some intermediate groups are caught in the summer and autumn (Fig. 60). They may include some fish that hatched in the adjacent waters extending to Kashima Nada as well as immigrants from the southern Pacific areas off Honshû and from the Japan Sea. On the bases of these findings it may be stated that there are at least two age groups, one is in the first year of life which grows 7–10 cm by December, and the other is older than the former by one year, being about 13 cm in the early summer.

In Mutsu Bay set nets produce a greater portion of the landings during the fishing season from June to December. Analyzing the length and vertebral data collected by the Aomori Prefectural Fisheries Experimental Station (1955, 1956), Hayashi and Kondô (1957, pp. 45–48) gave the general growth trends of the fish in this bay. The conclusions are summarized as follows: In the beginning of season, June or July, the small sized fish, around 3 cm in body length appear in the bay, growing up 6–7 cm at the end of August and 9 cm or more in early December when they leave the bay. In addition to this group, probably hatching out in the spring, a minor group enters into the fishing ground. The latter, smaller in the length with fewer vertebrae, attain 4–9 cm by the time of leaving the bay also at the end of year. In their second year of life, the fish, when entering in June or July, are 8–12 cm in body length. The length-vertebral count relationship of them is still observed but not as distinct as that of 0–age fish. The I–age fish decrease in number with progress of the month and measure 11–13 cm in body length at the end of year. In the early summer, II–age fish, 12–14 cm, comprise some parts of the catch, but soon disappear from the bay.

Section 4–4. Discussion and conclusions

As a check of the scale reading methods, the general growth curves presented by Hayashi and Kondô (1957) were compared with the body length of different time-groups at different times of year.

Through analyses of the length frequency and the vertebral count data of the small and medium sized anchovy in Ise Bay and Mikawa Bay of the West Area, Suruga Bay and Sagami Bay of the Central Area, and Mutsu Bay of the North Area, the growth is concluded as follows: The spring group grows from 5 cm in early July to 9–11 cm by the end of year. The summer- and autumn-groups are considered to range between 4 and 8 cm at the end of year. These length ranges are comparable with the modal length based on scale reading, 9.5 cm for the spring-groups and 5 cm for the autumn-group, at the end of the first year of life. The only discrepancy between these two methods of age determination is that the medium sized fish, 7–8 cm, taken at Shimizu and Misaki in summer 1953, have no annulus

on their scales, while the low mean of their vertebral counts indicates that these fish have developed under high temperature conditions (pp. 216–218). There are two possible explanations for this discrepancy; the fish were born so late in autumn 1952 that their scales did not develop fully enough to have formed distinct mark in their first winter; or they occurred in the southern and warmer waters, possibly off Kyûshû, in the early spring 1953, drifting to the Central Pacific Area of Honshû along the Kuroshio Current, as the sardine larvae had done in their thriving period. The former assumption seems to be more probable than the latter because the local segregation of the vertebral counts is not remarkable among the anchovy spawned in the waters along the Pacific coast.

Length frequency and vertebral count data give no conclusion on the growth of the large sized fish taken in the East and North Areas except that 0-age fish may reach to about 10 cm by the end of year. But two maxima of the mean vertebral counts for the length groups of 8–9 cm and over 12 cm indicate that the spring-group attains these sizes at the ends of their first and second years, respectively (Fig. 61). This is also comparable to the general growth curve based on the scale readings.

The two growth curves of 0-age spring-group in Ise Bay and the curve of I-age autumn-group in Mutsu By are comparable with the general growth curves in actual length and growth rate (Fig. 62). Here it should be noted that the growth rate of the fish in Ise Bay is higher in summer and lower in late autumn than the rate based on the general curve. This suggests a seasonal fluctuation in growth rate, which has been widely accepted in many species inhabiting the temperate zone; *e.g.* Nakai and Hayashi (ms a and b) showed a change of the growth type of the sardine depending upon age.

The above information confirms that the vertebral counts are useful in interpreting the growth of the young fish, but that these counts do not clearly segregate the medium and large sized fish, over eight cm and probably older than a half year, into different time-groups. The findings on the fish in Tôkyô Bay and the adjacent waters (Kubo

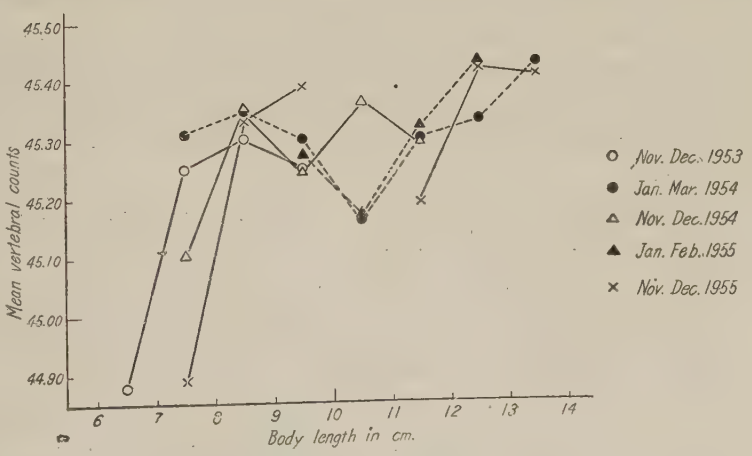


Fig. 61. Mean vertebral counts by length interval of the anchovy landed at Isohama in the winter seasons.

et al. 1954) and in the eastern waters of Kyûshû (Asami and Hanaoka 1957) agree with the above.

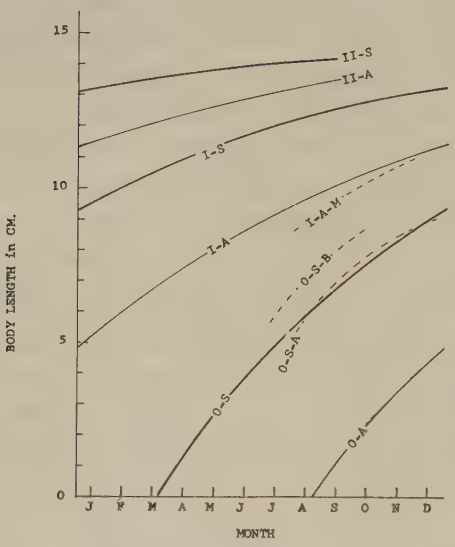


Fig. 62. Approximate growth curves of the 1953-year class based either on analyses of length and vertebral data or on scale reading.
····· based on length and vertebral data
—— based on reading of scales.
0-S: 0-age of spring-group, 0-A: 0-age of autumn-group, I-S: I-age of spring-group, I-A: I-age of autumn-group, II-S: II-age of spring-group, II-A: II-age of autumn-group, 0-S-*A*: 0-age of spring *A*-group in Ise Bay, 0-S-*B*: 0-age of spring *B*-group in Ise Bay, I-A-M: I-age of autumn-group in Mutsu Bay.

A contradictory report by workers using the vertebral counts for age determination is that the count-length realtionship was very distinct in spring and autumn but not observed at all in summer, even for small sized fish certainly of 0-age (Makita 1954, Aikawa 1954, Ôtsuka *et al.* 1956, Yasumura *et al.* 1957). The mean counts are expected to be the highest for the medium sized fish in the summer months.

Following Yokota and Furukawa (1952), some workers (*e. g.* Makita 1954, Ôtsuka *et al.* 1956, Yasumura *et al.* 1957) tried to estimate the age of the fish from the vertebral counts and the regression equation of the counts on temperature. The temperature, even if it is measured correctly, would change abruptly in one season but gradually in another, and does not preclude several shortcomings from the vertebral count analysis in estimating the growth rate. For instance, in the study by Yokota and Furukawa, the observed average lengths at the ages of 9, 12 and 14 months are far smaller than those indicated by the growth curve in their Fig. 1. The curve appears to have been drawn in reference only to the lengths at ages younger than nine months and to the length at "18 months". As any particular water temperature, except the highest and the lowest, will be observed twice a year, the age of the largest fish might be regarded as 24 or 30 months on the average, instead of 18 months. A growth curve based on an assumption that the age of the largest fish is 24 months old does not indicate any contradictory evidence.

The characteristics of the condition rings are herein presented in order to unlock the problems proposed by previous workers that the anchovy rings appearing on scales of the small fish, surely in the first year of life, might not be a seasonal mark (Kanai and Yokota 1954, p. 3, Makita 1954, p. 8). It should be noted that some condition rings would be clearly recognized on a small and thin scale but not

n a large and thick one. As a matter of fact, Kanai and Yokota (*loc. cit.* pp. 2–), when they dealt with scales from the large sized fish, could not point out many f the inner rings that should correspond to the scale rings of the smaller fish. In he present observation, many fish as small as 6 or 7 cm caught in the summer ave scales with rather distinct rings, and the large fish have very faint indication f rings in addition to true annuli. Furthermore, Kanai and Yokota (*loc. cit.* p. 3) ossively accepted the semicircles as "rings", and in consequence, they obtained nany ring counts on a scale. The checks that occur at a position thought to correspond to sexual maturation (Makita 1954, p. 8) should be studied in future investigations.

The fact that annuli forming in the later year of life have an accentuated ppearance may be related to a size-dependent change of the seasonal fluctuation in he condition coefficient. Namely, the coefficient of arge sized fish in the East Area increases rapidly rom winter to early summer, then decreases gradually and reaches to the minimal value in winter, while that of small sized sh increases even during the autumn months, lthough it is thought to ecrease in winter (Fig. 3). This indicates that he physiological disturbance is more serious at the older stage of life than at the ounger stage. Blackburn (1949, 1950b, 1952) also showed the same tendency for wo species of sardines, *Sardina pilchardus* (Walbaum) and *Sardinops neopilchardus* Steindachner).

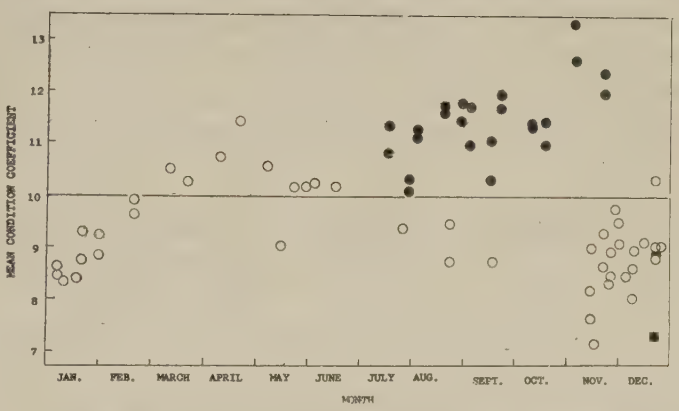


Fig. 63. Seasonal fluctuation in condition coefficient of anchovy in East Pacific Area of Honshû and Ise Bay, 1953.
○ in East Honshû ● in Ise Bay

According to these observations, it is concluded that the age of anchovy can be etermined by scale readings assisted by analyses of length frequency and vertebral ounts. These length and vertebral count data analyses are applicable only to fish maller than 10 cm in body length, indicating that the laborious work necessary to ake scale readings is not needed for small sized anchovy. On the other hand, rge sized individuals should be aged with the aid of scale readings, because the ther methods are not highly reliable.

Basing upon the present examination of materials, the growth rate is estimated s follows: The fish reach to 5–11 cm and 11–14 cm in body length at the end of ie first and second years of life, respectively. The fish leave the fishing grounds y the summer of the third year when they attain 12–15 cm. Therefore, from the

practical standpoint, the maximal life span of this species is concluded to be two years. A more detailed study should be made in segregating the groups differing in hatching times through observation of scales and, if possible, other hard tissues, in addition to analyses of the meristic characters.

The conclusions based on these examinations are summarized below:

1. One may estimate the season of hatching of the fish in the first year of life through analyses of length frequency and vertebral counts. However, these data do not reveal the growth and age of the large sized fish over 10 cm in body length.

2. The age of most fish can be determined by scale readings since most fish form the scale annuli once a year during late autumn through early spring. To determine the age of a few fish, however, the date of catch, length and vertebral counts as well as the scale readings must be considered.

3. The anchovy grow 5–11 cm and 11–14 cm in body length by the end of the first and second years of life, respectively. Most fish leave the fishing ground by the summer of the third year when they attain 12–15 cm. As only a few fish were found to exceed 16 cm, the life span of the species is concluded to be two years.

Chapter 5. Comments on the management and investigations of the fisheries of the Japanese anchovy

The most important biological features of the Japanese anchovy established by the above examinations is the short life span, practically about two years in duration. Another important feature of the species is the wide-temporal and areal extents of the spawning activities.

Deduced on the basis of these features are the following two general conclusions on fluctuation in the size and distribution of the population. Firstly, the environmental changes in the early stage of life of a space-time group may not exert any serious effect on the amount of recruitment for the year, because the population consists of a number of such groups. The wide-extended spawning indicates that the species can propagate under various environmental conditions. Secondly, the natural mortality rate is regarded to be high because the anchovy, being small in size, represents the major prey of diverse fishes, and because the life span of two years is much shorter than that of other neritic-pelagic species such as the sardine, many of which live for five or more years (Nakai and Hayashi ms a). Therefore, changes of the mortality rate by natural causes, especially those based on predation and competition, may play more important roles than the changes of the fishing intensity in determining the population size of the anchovy. The consistent regional distribution of catch suggests that the well-developed fisheries in the Pacific waters and the Seto Inland Sea have not seriously depleted the stocks therein (p. 159).

As aforementioned, there are several local groups of the anchovy population

in the waters around Japan, even though the meristic characters may fail to segregate them. This presence of more than one local group makes it necessary to conduct advanced studies of population dynamics for each of the local groups separately. Investigations of the distributions of the catch and the spawning activities suggest the following major local groups chiefly propagating in four different localities: (1) between Hyûga Nada and Tosa Bay, and (2) Kii Peninsula and Bôsô Peninsula in the Pacific waters, and (3) between western Kyûshû and western Honshû, and (4) Wakasa Bay and Toyama Bay in the Japan Sea. The stocks in the Seto Inland Sea comprise immigrants from Hyûga Nada and Tosa Bay as well as the indigenous group. In addition to these major groups, there are a number of minor local groups that may intermingle with each other and with the major groups. In fact currents transport the eggs and larvae from one area to another. It is also possible that the adults make mass movement through unexploited waters*.

Yokota and Asami (1956) supposed that a portion of the fish spawned in the waters between Hyûga Nada and Tosa Bay scattered toward the Pacific waters along Honshû, and another portion entered into the Seto Inland Sea. The authors also assumed that the fish in the waters off western Kyûshû and western Honshû diffused to the northern part of the Japan Sea. Yamanaka and Itô (1957) inferred intermingling of the local groups in the Pacific waters and the Japan Sea through the Ôsumi Straits and Tsugaru Straits, in addition to the mixture of local groups in the waters on each side of Japan. Although there in no conclusive evidence to support these inferences, they are worth being examined as working hypotheses.

The following is an examination of available information on the structure of stocks in the Pacific waters along Honshû that provides about one half of the total anchovy landings in Japan. In the waters, the fishing activities are concentrated in the East Area comprising Kashima Nada and the sea off Kujûkuri Hama, and in the West Area inclusive of Ise Bay and Mikawa Bay, these two areas produce about 30 and 10 percent of Japan's total anchovy catch, respectively. The *shirasu* catch in the West Area inclusive of Enshû Nada comprises almost a half of the total landings of this item. Thus, the *shirasu* and small sized 0-age fish in the West Area and the large sized fish in the East Area represent the largest stocks in Japan at each of the three stages of life. Through examination of fishing season, the stocks of the anchovy are found to be related with each other. The major fishing season occurs earlier for the younger fish, *i. e.* May for *shirasu*, summer for the small sized fish, and winter through early summer for the large sized fish (pp. 170–172, 223–240).

* In March 1956, R.V. Sôyô Maru, Tôkai Regional Fisheries Research Laboratory, met a large shoal of anchovy extending over 10 nautical miles in the Ôsumi Straits, southern tip of Kyûshû, in which there is no appreciable fishery. At the occasion, there were found a great many eggs and the crew member caught the adult fish by hook and line.

The major spawning grounds in the Pacific waters along Honshû are roughly divided into two parts, one from south of the Bôsô Peninsula to off Sagami Bay, and the other along the eastern coast of the Kii Peninsula.

One of the most significant factors that determine the drifting and scattering routes of eggs and larvae is the current system. The Kuroshio Current proceeds from southwest to northeast along the southwestern Pacific coast of Japan, then turns eastward around Inubô Saki in the East Area. Corresponding to the Kuroshio Current, a littoral current develops close to the southwestern Pacific coast of Honshû from south of the Bôsô Peninsula to Enshû Nada and further westward. The Oyashio Current flows southwardly to the North Pacific Area of Honshû. A branch of the Tsushima Current, passing Tsugaru Straits from the Japan Sea, moves southwardly along the Pacific coast of the North Area.

On the basis of the above information on the catch, spawning and currents, the following primary statement is given on the movement of the major anchovy group in the Pacific waters along Honshû. The large stock of eggs found off the East, Central and West Areas provides the *shirasu* stock in Enshû Nada and the adjacent waters. A portion of the young stock, when they exceed 5 cm in body length in the summer, enters into Ise Bay and Mikawa Bay. The major portion of the small sized fish caught in these bays may have hatched in the spring (pp. 223–229). In the autumn and early winter 0–age fish (I–age in the ensuing January) appear in the East Area but soon they leave the fishing ground. In this area, the catch of I–age fish first becomes appreciable in the autumn, and this age group contributes greatly to the fisheries during the ensuing winter and spring as II–age. A portion of the oldest fish moves to the North Area in the early summer. Minor local groups are also found in various parts of the waters. For instance, the stocks in Mutsu Bay are thought to have migrated from the Japan Sea, because the spawning activities in the waters west of the bay are large enough to supply the young fish caught in the summer and autumn (Aomori Prefectural Fisheries Experimental Station 1958, p. 7). In the Pacific waters along Honshû, occasional appearances are reported of a related species of tropical origin, *Stolephorus zollingeri* Bleeker (Hayashi and Tadokoro ms), as well as the medium sized anchovy that have possively developed in high temperature waters (p. 241). The above observations suggest that the eggs and larvae of anchovy are actually supplied from the eastern waters of Kyûshû to the Pacific waters along Honshû.

Here is another fact indicating that not all the *shirasu* in the West Pacific Area of Honshû have been supplied from the heavy egg stock in the adjacent waters, *i.e.* the peak of spawning activities estimated on the basis of plankton net collection occurs in May, June or July, while May is the main fishing season of one- or two-month old postlarvae. The probable explanation is either one or a combination of following ; the postlarvae are not provided from the Pacific waters along Honshû,

instead, they are provided mainly from the southern waters off Kyûshû where the most active spawning takes place during early spring (Asami 1958); the mortality rate at the very young stage of life differs depending upon season, *i. e.* the groups spawned in early spring surviving better than the later group; or the route of the current fluctuates from season to season, bringing to the fishing grounds many postlarvae spawned in the early spring but few in the later seasons. Information so far available is not sufficient to prove which one of these factors has been the most responsible for the discrepancy between the main seasons for the spawning and fishing.

Nevertheless, it is still possible to believe that the large egg stock in the Pacific waters off Honshû is related to huge stocks available for the fisheries therein. Nakai and Hattori (unpublished) revealed a high correlation coefficient of 0.92 between the egg abundance in any particular year in the waters extending from Inubô Saki (Chiba Prefecture) to Shio-no-misaki (Wakayama Prefecture) and the annual anchovy catch in the succeeding year in the whole or part of the area extending between Iwate and Mie Prefectures. They explained this high correlation by the assumption that the egg abundance represented the parent stock size being caught in the following year. The westward movement of young fish from Enshû Nada to Mikawa Bay and Ise Bay was determined through the examination of currents (Sardine Resources Division, Tôkai RFRL, 1953) and the analysis of the length composition of the commercial catch (Tanaka 1956). The catch statistics revealed that the *shirasu* stocks in Enshû Nada and Sagami Bay have been supplied from the waters adjacent to the Bôsô Peninsula, but the *shirasu* stocks in Ise Bay and Mikawa Bay have comprised of postlarvae from the eastern coast of the Kii Peninsula as well as those from the waters around the Bôsô Peninsula (p. 172). A high correlation coefficient found between *shirasu* catch in the West Area and the catch of 0-age fish in Chiba and Ibaraki Prefectures led Kurita (1957) to think that the *shirasu* stock moved toward the East Area during the later part of the first year of life.

The above findings by Nakai and Hattori (unpublished) and Kurita (1957) imply that several problems of the life history and the population dynamics of the anchovy in the Pacific waters along Honshû can be solved through observations of the correlation between the sizes of stocks at two or more stages of life. The conditions necessary to obtain a significant positive correlation between the stock sizes at various stages listed below are as follows:

(1) Egg abundance in any year and the catch from the year class at the later stage.

Conditions:

(a) A certain portion of the egg stock must be recruited to the available stock at the later stage.

(b) The age determination must be valid.

(c) The natural mortality rate at any stage does not vary widely depending upon the year class.

(d) The fishery does not deplete any stock at a stage as heavily as to disturb the relationship between the size of the stock and the catch from the year class at the later stage.

(e) The accessibility and vulnerability at any stage are constant for every year class.

(2) Egg abundance in any year and the catch from the year class at any stage after they spawned the eggs.

Conditions:

(a) The eggs have been actually spawned by the fish that are exploited in the later stage.

(b) The age determination must be valid.

(c) The natural mortality rate at any stage of or after the spawning does not vary widely depending upon the year class.

(d) The fishery does not deplete any stock at or after the spawning as heavily as to disturb the relationship between the stock sizes at the stages in question.

(e) The accessibility and vulnerability at any stage are constant for every year class.

(3) Catch at either one stage of 0-age fish in any year and the catch from the year class at the later stage.

Conditions:

(a) The stocks in question are derived from the same source.

(b) The age determination must be valid.

(c) The natural mortality rate at any stage of the exploited phase does not vary widely depending upon the year class.

(d) The fishery does not deplete any stock at a stage as heavily as to disturb the relationship between the stock sizes at the stages in question.

(e) The accessibility and vulnerability at any stage are constant for every year class.

(4) Catch at either one stage of 0-age in any year and the egg abundance produced by the year class.

Conditions:

(a) A certain portion of the 0-age fish must produce the eggs at the later stage.

(b) The age determination must be valid.

(c) The natural mortality rate at any stage of the exploited phase does not vary widely depending upon the year class.

(d) The fishery does not deplete any stock at a stage as heavily as to disturb the relationship between the stock sizes at the stages in question.

(e) The accessibility and vulnerability at any stage are constant for every year class.

Following is a description of the present procedure for compiling data indicating the stock sizes at the four stages, *i. e.* (1) the egg, (2) postlarva, (3) small sized fish and (4) large sized fish. Remarks are also shown in regard to some deficit in sampling performance as well as abnormal phenomena having occurred in the oceanographic conditions and size composition of the catch at each fishing ground (Table 83).

Table 83. Indices of stock sizes of the anchovy at various stages of life in the Pacific waters along Honshû, 1949–60.

Year	Egg abundance (1)	Postlarvae		Small 0-age fish (4)	Large fish (5)	Large 0-age fish (6)	II-age fish (7)
		Total (2)	Spring (3)				
	10^{12}	tons	tons	tons	tons	tons	tons
1949	—	8,511	5,931	19,058	15,291	2,433	—
1950	219	8,456	3,704	43,483	32,246	12,773	8,461
1951	419	—	—	62,039	48,715	17,267	17,183
1952	491	—	—	56,697	63,975	16,674	21,992
1953	461	11,032	7,365	35,050	67,585	14,438	41,953
1954	1,369	11,443	6,911	24,466	111,042	21,487	45,830
1955	544	14,786	10,968	31,541	80,126	37,452	80,186
1956	1,018	17,724	12,975	30,891	121,057	53,904	38,392
1957	1,090	10,238	3,654	38,475	135,282	43,144	54,426
1958	938	11,992	5,280	38,827	92,181	32,077	85,615
1959	700	13,254	9,222	21,283	84,081	33,592	53,919
1960	—	—	7,974	—	—	—	40,806

Catch statistics from Tôkai Regional Fisheries Research Laboratory (ms) for April 1949 through March 1951, and from Statistics and Survey Division, MAF (1952–60) for the later period.

Remarks: (1) Annual number of eggs in the waters from Inubô Saki to Shio-no-misaki (Nakai and Hattori unpublished).
(2) Total *shirasu* catch throughout a year in Mie, Aichi and Shizuoka Prefectures.
(3) Total *shirasu* catch during April through June in Mie, Aichi and Shizuoka Prefectures.
(4) Total anchovy catch during July through December in Mie and Aichi Prefectures.
(5) Total anchovy catch during October through the ensuing September in Chiba and Ibaraki Prefectures.
(6) Total anchovy catch during October through December in Chiba and Ibaraki Prefectures.
(7) Total anchovy catch during January through July in Chiba and Ibaraki Prefectures.

The yearly amount of eggs was estimated by Nakai and Hattori (unpublished) for the area extending from east of Inubô Saki (Chiba Prefecture) to south of Shio-no-misaki (Wakayama Prefecture). Because only slight spawning activities were found during December and January, the annual amount was used without any adjustment to indicate the stock size of eggs. This kind of measure is essentially free from such bias as that inherent to the catch statistics, although the present

sampling was not extensive enough to measure accurately the spawning activities that occur over wide-spacial and temporal extents. The sudden increase of eggs for 1954 may have been partly due to the sampling errors.

The amount of total catch is not always proportionate to the absolute size but represents the minimal size of the stock in the sea. Furthermore, the present survey did not provide sufficient information to calculate the amounts of effective efforts, which are indispensable to estimate any measure proportionate to the stock size. For these reasons, the available stock size at any given stage was measured by the total amount of catch during the major fishing season of the year. This limitation of catch statistics applies equally as well to the *shirasu* and small and large sized fish.

The annual *shirasu* landings in Shizuoka, Aichi and Mie Prefectures were regarded as representing the relative size of the young stock for the year, because the fishing activities continue from April to December. The catch during April through June of a year was regarded as indicating the stock size of the spring-group. In this area, the accessibility decreased disasterously in 1957 and 1958, more seriously in the former than the latter year.

The catch of 0-age fish by *pacchi-ami* in Ise Bay and Mikawa Bay during July through December comprised the major portion of landings in the West Area inclusive of Mie and Aichi Prefectures. The stock size of small sized 0-age fish was represented by the total landings in these two prefectures during the later half of a year.

In the East Area, the fishery in Fukushima Prefecture has changed their major objects from the sardine to the anchovy during recent years. The anchovy landings in this prefecture increased remarkably year after year, but the amount still consisted of only six percent of the areal total even in 1959 (Statistics and Survey Division, MAF, 1960). Therefore, the relative stock size of the large fish was measured by the catch in Chiba and Ibaraki Prefectures. As the fishing activities have been concentrated in winter and spring, and least frequent in autumn (pp. 167–172), the catch was compiled for a period from October to the ensuring September, *e. g.* the catch for 1949 denotes the amounts taken during October 1949 through Septmeber 1950. According to the age composition survey for the commercial catch during the four years from 1953 to 1956 (Hayashi and Kondô 1959), 0-age fish appeared in and after June and comprised the major portion of the catch after August or September. The older fish, I-age, were caught together with 0-age in December, and the age composition in this and next months varied from year to year. Although no conclusion is drawn as to whether the annual change in the composition of catch was real or indicated only the sampling errors, it is probable that II-age fish (I-age in the previous December) comprised a major portion of the catch during January through July. For these reasons, the catch from October to December, and that

from January to July, were regarded as representing the relative stock sizes of 0- and II-age fish, respectively. Hence, it should be noted that the catch during winter through early summer 1955 comprised two groups, one of various time-groups as in normal years, and the other consisting mainly of the autumn-group (pp. 235–238).

From 1950 to 1959, the egg abundance in any year was not well related with the catch from the year class at either one of the three stages in the first year, *i. e. shirasu*, and small and large sized 0-age fish (Fig. 64). The correlation coefficient between egg abundance and *shirasu* catch is only 0.26 for the eight years. The coefficient does not reach to 0.57 even for the five years excluding 1954, 1957 and 1958. The catch of small sized 0-age fish seems to have fluctuated negatively with the egg abundance at a correlation coefficient of −0.53, although the relationship is not statistically confirmed. On the other hand the catch of large sized 0-age fish is positively correlated with the egg abundance at a coefficient

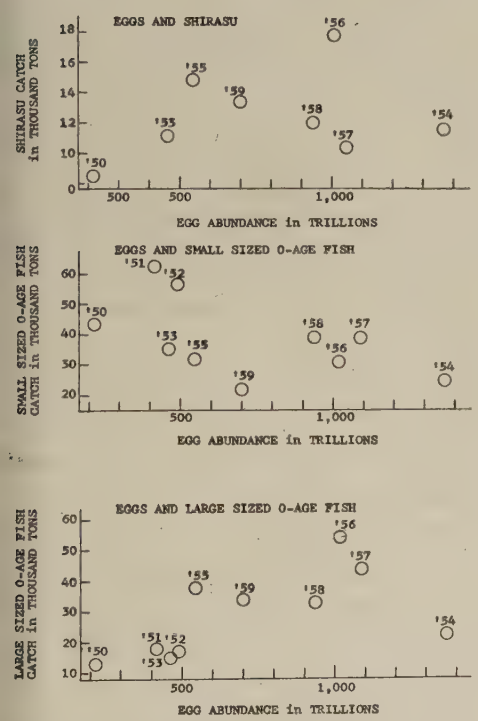


Fig. 64. Correlations between egg abundance and stock sizes at later stages of the year class of anchovy in the Pacific waters of Honshû, 1950–59.
Numerals indicate the year class.

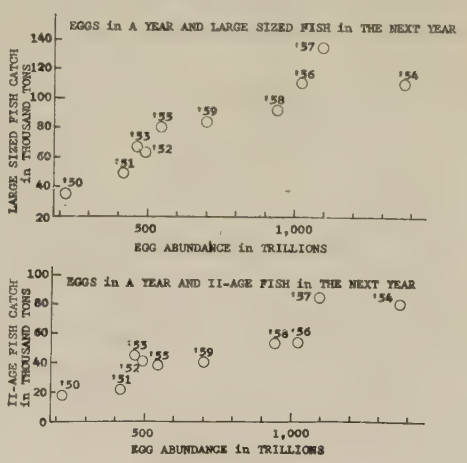


Fig. 65. Correlations between egg abundance and the parent stock sizes of anchovy in the Pacific waters of Honshû, 1950–59.
Numerals indicate the year of spawning.

of 0.56 for the pâst 10 years. The coefficient between the egg abundance and the catch of large sized 0-age fish rises to 0.86 if the egg abundance in the exceptional year of 1954 is excluded.

High correlation coefficients around 0.90 are obtained between the egg abundance in any year and either one of the total catches in the East Area during October of the same year through the following September or during the next

January through July (Fig. 65). This is comparable with the findings on the relation between the eggs in any year and the annual landings of the adults in the next year, being interpreted to mean that the parent stock would have been exploited in the ensuing year as pointed out by Nakai and Hattori, (unpublished).

The correlations between the *shirasu* catch and either one of the stock sizes at the older stages provide information for deciding which cause was more responsible for the independent relationship between the egg abundance and the catch from the year class at either one of the later stages. One of the causes was the fluctuation in the mortality rate at any one of the stages prior to *shirasu* and another cause was the annual changes of the accessibility and vulnerability during the exploited phases (Fig. 66). There is no correlation between the catches of the *shirasu* and the small sized fish. Even if the *shirasu* catch during April through June is related to the catch of small sized fish which are mainly spring groups, the coefficient is only −0.13 for the past nine years. On the other hand, the catch of the large sized 0-age fish in the East Area indicates a high correlation coefficient of 0.81 with the *shirasu* catch for the nine years under discussion. For seven years, except 1957 and 1958, the coefficient reaches to 0.98. The correlation coefficient between the *shirasu* catch in any year and the egg abundance in the next

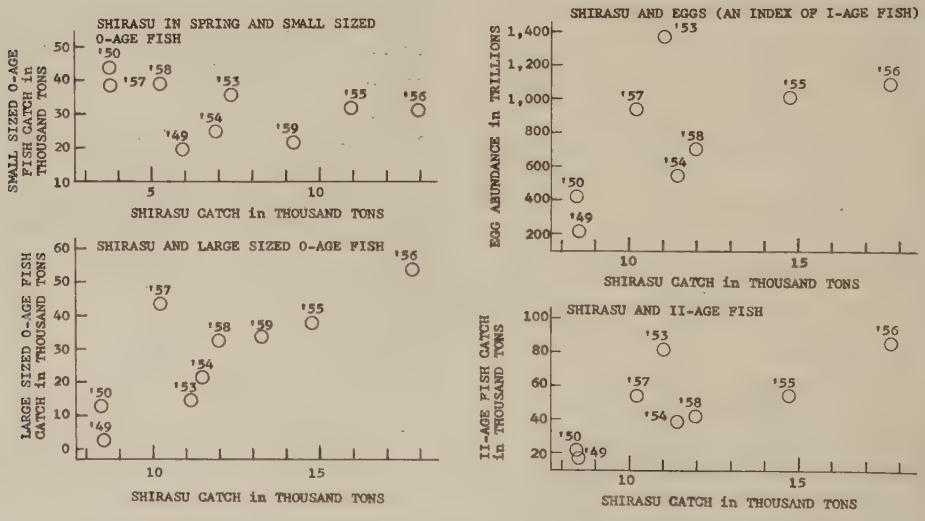


Fig. 66. Correlations between *shirasu* catch and stock sizes at later stages of the year class of anchovy in the Pacific waters of Honshû, 1949–59. Numerals indicate the year class.

year is not high enough, *e. g.* 0.59, to be statistically significant. This may be due to the fact that the estimate of egg abundance for 1954 might have been too high compared with the *shirasu* catch in 1953 and that the accessibility of *shirasu* stock decreased remarkably in 1957. If these two years are excluded from the calculation, the correlation coefficient reaches to 0.96 for the remaining six years. The

catches of *shirasu* and II-age fish of the same year class are related to each other at a coefficient of 0.73. If the calculation is conducted for the *shirasu* catch exclusive of 1957 and the adult catch in the years other than 1955, the coefficient reaches to 0.91. For these reasons, it may be concluded that the annual change in the mortality rate before the *shirasu* stage is more effective than that at the later stages in determining the size of recruitment for the year. But the accessivility of small sized fish would have changed remarkably from year to year.

As aforementioned, the catch of the small sized fish in the West Area fluctuated independently from that of the large sized fish in the East Area (p. 160). On the other hand, the catch of 0-age fish in the East Area indicates a correlation with sizes of the older stocks in the same and adjacent waters (Fig. 67). The correlation coefficient between the catch of the large sized 0-age fish in any year and the egg abundance (an index of parent stock) in the next year is 0.60 for all the ten years, and reaches to 0.98 if the egg data for 1954 is excluded. The catch of 0-age fish is also correlated with that of the II-age fish of the same year class at a correlation coefficient of 0.63 for the past ten years. If the catch of the oldest fish in 1955 is excluded, the coefficient reaches to 0.91 for the remaining nine years.

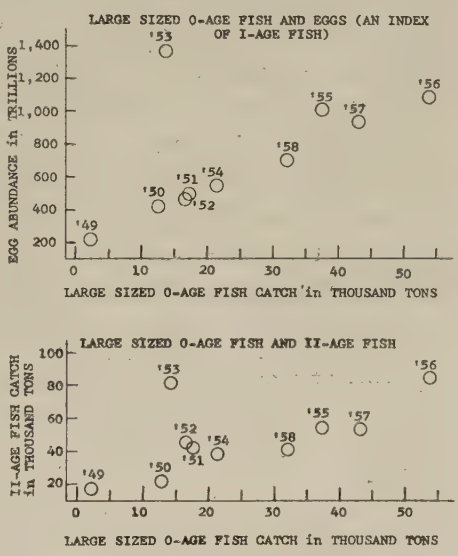


Fig. 67. Correlations between catch of large sized 0-age fish and stock sizes at later stages of the year class of anchovy in the Pacific waters of Honshû, 1949-58. Numerals indicate the year class.

On the basis of these findings, one may draw the following four inferences on the life history of the anchovy in the Pacific waters along Honshû: Firstly, the independent fluctuations between the egg abundance and the stock size of the year class at either one of the later stages is attributable to the fact that the mortality at the early stage before *shirasu* is high and varies greatly from year to year. Changes of the accessibility and vulnerability as well as the amount of efforts in the fishing grounds are regarded to be less significant for the above independent fluctuations, because the yearly fluctuations in sizes of the exploited stocks, except the small sized 0-age fish in the West Area, are related to each other and to the egg abundance produced by them. It may be noted that the correlation coefficient with the egg abundance is negative for the small sized fish but positive for the *shirasu* and large sized fish. This correlation indicates that the accessibility is especially variable in Ise Bay and Mikawa Bay. It is very probable to assume the change of available stocks in the shallow bay

caused by various environmental factors, *e. g.* the heavy rain fall may drive the fish out the bay.

As a fact to indicate remarkable change of the available stock in Ise Bay, it is noted that the annual means of the vertebral counts of the spring-groups have varied remarkably ; 45.42 in 1953, 45.35 in 1954, 45.29 in 1955, 45.46 in 1956, 45.26 in 1957 and 45.25 in 1958. This is to be compared with the homogeneous annual mean counts of postlarvae taken in Enshû Nada and Mikawa Bay (p. 199). In other words, it is apparent as to 0-age anchovy under discussion that the wider the length range, the fewer the vertebral counts (Fig. 68). In the light that the mean vertebral counts of postlarvae decrease quite remarkably in early summer, the annual varia-

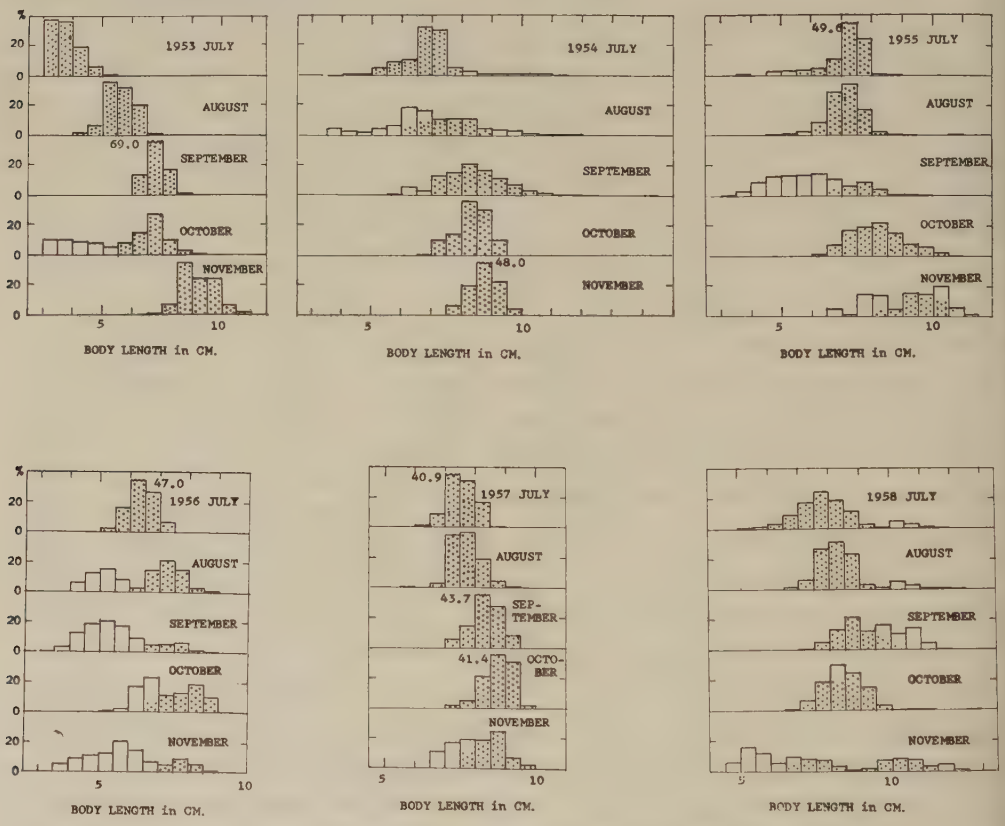


Fig. 68. Monthly length frequencies of the anchovy catch in Ise Bay, 1953–58. Dotted parts represent the spring groups estimated as such on the basis of vertebral counts.

tion of the range of body length and the mean counts of small sized anchovy spawned during spring months is likely related to yearly difference of duration of the major spawning season of available stock. When the spawning activities are concentrated in a narrow time interval, or only a few time-groups dominate in the bay, the narrow range of the length and the high mean of the vertebral counts

would be observed in the small sized anchovy. In case that different subgroups spawned in the spring and early summer enter into the fishing ground, the length range extends widely and the mean count lowers.

Secondly, it may be concluded that the major anchovy stocks in the sea occur actually in the waters from the Bôsô Peninsula to the Kii Peninsula, and that many fish live during a two-year period. The eggs may be chiefly produced by the fish in the second year of life.

Thirdly, the mortality rate at and after the *shirasu* stage is so constant that the catch at the youngest stage is correlated with each of the stock sizes at later stages.

Fourthly, the movement of the major anchovy group in the waters under discussion is inferred as follows on the basis of the above correlations and of the other biological information described in the preceding chapters. The fish occur mainly in the area extending between the Bôsô Peninsula and the Kii Peninsula. A portion of them moves westward along the coastal current, and some of them are caught by the fisheries on Enshû Nada in their postlarval stage. Some fish having moved westward stay in Ise Bay and Mikawa Bay during their first summer and autumn. The portion of stock accessible for the fisheries in these bays varies remarkably from year to year. A part of the eggs may drift eastward along the Kuroshio Current, reaching as far east as the high sea around 1,000 nautical miles from Japan. But the groups brought to the high sea may not be well established there, because no anchovy has been found in the waters further to the east. The major portion of the fish may spend their first several months at someplace in or adjacent to the spawning ground, and a portion of them appear in the East Area during the late autumn before they move toward the major spawning grounds. This inference is supported by the facts that the fishing ground is concentrated in the waters around Kujûkuri Hama and Kashima Nada apart from the major spawning ground and that the I-age fish are relatively scarce in the commercial catch before they appear in December (Hayashi and Kondô 1959). After the fish have made practically the last spawning in autumn of the second year of life, they migrate into the fishing ground of the coastal waters of the East Area and move northward during the ensuing early summer, and by the summer most of them die as shown from the studies of the length frequency and the fishing season (pp. 170–172, 244).

All this information proves that no fishing activity exerts any serious damage on the anchovy stocks in the major fishing grounds: the correlations between the *shirasu* catch and either one of the older stocks, *i. e.* 0- and II-age fish in the East Area and the parent stock of I-age in the spawning ground, reveal that the fishing does not reduce the youngest stock severely; the *pacchi-ami* fleet in Ise Bay and Mikawa Bay exploit only a portion of the local group; the two-boat purse seiners do not exploit 0-age fish so seriously as to affect the stock sizes of I- and II-age

fish, and the exploitation of II-age fish does not affect the stock size of the local group because the oldest anchovy may die within the year and not much contribute to the reproduction.

As to the effect of fisheries on anchovy stocks, no analytical study has been conducted, although many biologists assumed that the short lived fish may not be easily overexploited. Tanaka (1960) found that the analytical study was impractical for the anchovy stocks, but the estimated rates of decrease and growth of the small sized fish in the West Area suggested the possibility to increase the amount of catch. These inferences agree with the present conclusions on the effect of the fishery upon the anchovy stocks derived from the comparison of stock sizes at the diverse stages.

The above correlations provide also some clues for predicting the catch in the succeeding years. But any prediction based on only the correlation between catches at two or more stages may be unreliable because the catch statistics can not be free from various disturbance such as change of the accessibility, vulnerability and amount of fishing efforts. Furthermore, there are many difficulties in estimating the stock size of the anchovy through egg census or analysis of the catch statistics. As the fecundity is not easily determined for the anchovy that spawn throughout the year, the number of eggs in the sea estimated on the basis of plankton net collection is not converted to the parent stock size. The wide-extent of spawning activities makes it difficult to estimate mortality rates on the basis of the age composition of catch. Any tagging experiment so far attempted is not practical for such small sized fish as the anchovy.

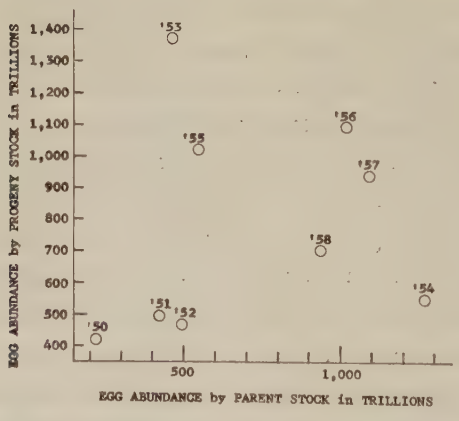


Fig. 69. Correlations between egg abundances by parent and progeny stocks of anchovy in the Pacific waters of Honshû, 1950–58. Numerals indicate the year class of progeny.

An alternative method to assess the level of stock size is the construction of a "reproduction curve" (Ricker 1954, p. 564). This method is based upon an assumption that the size of a recruitment increases rapidly in accordance with the size of the parent stock when the level of the stock size is low, but the size of recruitment indicates only a slight increase, or even decrease, in spite of the increase of the parent stock when the level of the stock size is high. The reproduction curve of the anchovy in the waters under discussion was constructed by the abundances of eggs in any two succeesive years (Fig. 69), because this measure is free from any bias such as that inherent to the catch statistics, and because the spawners are mainly in the second year of life. The egg abun-

dances spawned by two successive generations are not well correlated with each other, although the stocks producing less than 500×10^{12} eggs do not seem to have provided successful recruitments. Therefore, it can be stated that the classes spawned in the years except 1950 through 1952 were large enough to supply the large amount of landings.

In order to confirm these hypotheses, and then establish methods for determining the causes of fluctuation in the available stocks and predicting the catch in succeeding years, it is necessary to analyse data on the size, structure and distribution of the stock. For this reason, the most important subjects of investigations are presented as follows:

(1) Structure of available stocks.

The primary estimates of age composition have been found sufficient for the correlation analysis of the stocks at various stages. This sufficiency indicates possibility to advance the study of population dynamics through more extensive surveys of the age composition of the commercial catch. As the scale reading is time consuming, and as the anchovy lives only two years, during which time length represents age of the fish fairly well, the length composition is appropriate for the routine survey of age frequency of the catch.

In order to estimate the mortality rates, however, the catch should be divided into space-time-groups. The survey of meristic characters are applicable to segregating small sized fish spawned in the different seasons of the year. On the other hand, it is noted that the scale patterns indicate local difference of the large fish in the Pacific waters off Honshû. This difference implies the possibility to advance the study through examination of hard tissues including scales.

Even for the above correlation analysis, the relative stock size, if it is estimated accurately, should provide better results than that based on the total catch. To obtain the former measure, it is necessary to estimate the efficiency of unit effort, which effort may vary depending upon the following three factors:

The first and most essential factor related to the efficiency of an effort is associated with such variables as the size and mechanism of gear and speed of operation. There are several evidences indicating improvement of efficiencies of gear, *e. g.* use of fish finder, synthetic fiber and wireless communication in addition to increase of size of boats and nets.

The second factor, selectivity, must exert serious effect on efficiency of the unit effort. This factor is related to both the fish and fishery. Two general categories of selectivities should be distinguished: the mechanical one that is the rate of fish retained by the gear, and determined by the relation between sizes of mesh and fish, and the economic one related to the fishermen's preferences on size or species.

The third factor, volume of the waters in which the available part of the

stock is distributed, also causes change in efficiency of unit effort even though the rate of accessibility is constant. The same fishermen or the same gear would more efficiently catch the fish distributed in a smaller volume of waters than those in a larger volume of waters. Changes in the patchiness and depth of distribution may not be as important as the volume of waters when the discussion is given for a whole season, during which total effects of the former may be nearly constant. Because the anchovy may stay at a particular layer, the volume of waters is approximated by the area of fishing ground that be determined by observation of location of the haulings and environmental data.

(2) Abundance of eggs and larvae.

Egg census is very expensive and its accuracy is usually low. But only this kind of investigation gives unbiased estimates of parent stock sizes. The amount of larvae is also regarded to be proportionate to year class strength because the mortality rate after yolk stage is regarded to be fairly constant. This is very important for studies of any neritic-pelagic species, in which catch statistics are not always reliable estimates of stock sizes. Furthermore, the investigations with use of research vessels can provide information of all the species and oceanographic conditions in the waters in question.

The fluctuation in the anchovy population can be evaluated through analysis of the age composition, life span and catch statistics as well as the number of eggs in the sea, if enough amount of knowledges will be obtained on the fecundity and biological minimal size. For this reason, a greater effort should be laid on the studies of reproduction of the anchovy.

(3) Environmental effects on distribution and abundance of population.

As aforementioned, fluctuation in the anchovy population is more attributable to the environmental changes rather than change of the fishing intensity. There are a number of natural causes having affected the fish stocks, and their effects appear in innumerable forms. As far as the present examination is concerned, however, the most intensive studies of natural causes should be made on the abiotic effects on migration of fish, the abiotic and biotic effects on mortality in the early stages of life, and the competition and the predation of other fishes against the anchovy population.

The author believes that the extensive investigations on these three subjects will contribute to establishing theories on the fluctuations in abundance and distribution of the anchovy population. Furthermore, the results may be used in analysing the changes of other fish populations. Only the biological information thus obtained can provide the clues to managing rationally the coastal fisheries that supply about 30 percent of the total fish landings or almost 20 percent of the animal protein consumed in Japan.

Acknowledgement

This study has been conducted as a part of the Cooperative Investigations on Important Neritic-Pelagic Fisheries Resources. Accordingly, the author was aided by a great many people who have engaged in the Investigations. Direct helps inclusive of collecting the materials and discussing the results were given by staffs of the Tôkai Regional Fisheries Research Laboratory, Nobeoka Branch of the Nankai Regional Fisheries Research Laboratory, the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory and participating prefectural fisheries experimental stations. Especially Mr. Zinzirô Nakai, Chief Biologist of the Marine Resources Section, Tôkai Regional Fisheries Research Laboratory, gave the author valuable guidance and advice. Mr. Shigemasa Hattori of the same supplied his unpublished data on the egg census. Mr. Keiichi Kondô, Mr. Teruhiko Kusakabe and Mr. Hideya Suzuki of the same rendered their effort in preparing and observing the materials, in computing the numerical data and in discussing the results.

To Dr. Kiyomatsu Matsubara, Professor of University of Kyôto, under whose direction this work was done, the author wishes to express his deep appreciation. Thanks are also due to Dr. Itsuo Kubo, Professor of Tôkyô University of Fisheries, who encouraged the author throughout the investigation.

Summary

As to the biology and fishery management of the Japanese anchovy, especially those in the Pacific waters along Honshû, the following information was obtained through examination of catch statistics, length frequency, meristic variation and scale rings as well as egg census.

1. Investigation of the published information reveals that the Japanese anchovy, *Engraulis japonica* (Houttuyn), is the most important and wide-distributed member of Stolephorinae in the Far East. According to various statistics, the waters around Japan have been the most productive of this species.

2. The history of fluctuation in the anchovy catch are distinguished into four groups of years; early increase from 1905 to 1912, succeeding years of irregular fluctuation up to 1930, early part of the 1930's of decrease, and following years of increase. The early increase might be caused by rapid development of fisheries. For the later three periods, it is noted that the anchovy catch has fluctuated reversely with the sardine catch. Investigation of published information indicates that the fluctuation in anchovy catch has depended mainly on change in the population size rather than on change in species preference of fishermen, both of which might be largely due to the remarkable fluctuation in the sardine population. The geographic distribution of the anchovy catch has been consistent for the last half

century. The Pacific waters have produced 60 percent of the nation's total. The landings in the Seto Inland Sea, coastal waters swept by the Tsushima Current and seas surrounding Hokkaidô have comprised 20, 15 and 5 percent of total, respectively. This suggests that the well-developed fisheries in the Pacific waters did not deplete the anchovy stocks therein severely.

Recently two-boat purse seines produce 60 percent of the total anchovy catch. Boat seines of several varieties catch 20 percent of anchovy and 75 percent of *shirasu*, composed mainly of the postlarvae of this species. Two-boat purse seines and boat seines are chiefly operated for anchovy at various stages of the life. But the fishermen engaging in these fisheries often change their objects depending on the stock sizes and prices of the species within their fishing grounds. The fishing season actually extends throughout the year in Japan as a whole. The operation is limited to a particular season of the year in the northern regions and in the prosperous fishing areas. The anchovy catch comprises various sized fish from postlarvae of 13 mm in total length to large individuals over 16 cm in body length. The fish over 14 cm in body length are scarce among the commercial catch.

3. In order to find out means to segregate the space-time groups of the anchovy population, a study was conducted on variation of numbers of vertebrae, and dorsal and anal fin rays of the materials collected from the fishing grounds of *shirasu*. The results are summarized below:

a. Species specific numbers of these meristic characters have been fixed before the fish attain 19 mm in total length.

b. The mean counts of vertebrae, and dorsal and anal fin rays of fish taken in spring are higher by 0.30–0.35 of an element than those taken in summer and autumn. For this reason, the fish spawned in different seasons of the year can be segregated one from another on the basis of the meristic characters.

c. Statistically significant areal variations of these characters were found among postlarvae from the Pacific waters and the sea adjacent to northwestern Kyûshû. But the actual difference in the mean counts is only 0.1–0.2 of an element for each of above characters. Therefore, the meristic variation is not applicable to distinguish local groups of the anchovy in Japan.

d. Seasonal changes in the meristic characters are correlated with the temperature and salinity of the sea water one or two months prior to the fishing. Therefore, if these characters are destined at the very beginning stage of life, most of the postlarvae taken by commercial fisheries can be regarded to have been one- or two-month old.

4. The following is a summary of examinations of length frequency, vertebral counts and scale readings, in regard of estimation of age and growth of the fish in the Pacific waters along Honshû.

a. Length frequency and vartebral count data are applicable to estimating

growth of the young anchovy less than 10 cm in body length. However, these data do not segregate the large sized fish into groups spawned in different seasons of the year, probably because of the decrease of the growth rate and the intermingling of different time groups at later stages of life.

b. Growth trends of young fish from scale readings agree with those based on analyses of length frequency and vertebral counts. According to these studies, the anchovy are found to grow 5–11 cm and 11–14 cm in body length by the end of the first and second years of life, respectively. The fish leave the fishing ground in the summer of the third year when they attain 12–15 cm. From this evidence, it is concluded that the life span of this species is about two years.

5. As the most important features of the anchovy, it is concluded that the fish ctually spawn in various places around Japan at diverse times of the year, and hat the fish live only two years.

a. From these findings, the following two inferences are drawn on the fluctuation in the size and distribution of the population. Firstly, the environmental changes within limited space and time do not affect seriously the recruitment of the entire population for the year. Secondly, the natural mortality rate of the anchovy may be higher than that of most of other neritic-pelagic fishes.

b. According to comparison of stock sizes in the Pacific waters of Honshû, two points of interests have been inferred. In the first place, the major anchovy stocks occur in the waters extending between south of Bôsô Peninsula and Kii Peninsula during spring and early summer. A portion of them appear in the fishing ground in and after the early summer as *shirasu*. In July when the spring-group attain about 5–6 cm in body length, a portion of them enters into Ise Bay and Mikawa Bay. The others may stay in the waters around the spawning ground and a few of them may drift to the high sea along the Kuroshio Current. A portion of the fish are caught at the end of the first year of life. Most of the fish soon move to the spawning ground. At the end of the second year of life, an appreciable number of the fish enter into the fishing ground in the East Area, and replace the youngest fish in the winter. Most of them are regarded to have finished their spawning in the last autumn. Almost all the fish of II-age may die by the summer when a few of them reach north to Miyagi and Iwate Prefectures. In the second place, the fisheries in the major fishing ground might have not depleted the stocks seriously. It is possible to predict the catch of the large sized fish with catch statistics of younger fish or egg census in one or two years prior to the fishing in question.

c. All the information indicates necessity of expansion of the following three

projects to establishing the management policy of the neritic-pelagic fisheries that produce about 30 percent of total fish landings in Japan. The projects are; estimation of abundance and structure of available stocks, estimation of abundance and distribution of eggs and larvae; and investigation of environmental effects on abundance and distribution of the population.

References

Agriculture Bureau, Dept. Agr. Com. 1891–93: *Preliminary report upon the fisheries of Japan*, 4 vols.

Aikawa, H. 1948*: *Gyorui no sekitsuikotsusû no hen'i to sono igi* (Variation in the vertebral counts of fishes, and the significance), *Nôgaku*, **2** (6), 26–32.

——— 1954*: *Katakuchi-iwashi no shigen-seibutsugakuteki kenkyû* (Fishery biology of the Japanese anchovy), 20 pp., Kyûsyû University.

Alverson, F. G. and B. M. Shimada 1957: A study of the eastern Pacific fishery for tuna baitfishes, with paticular reference to the anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*), *Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.*, **2** (2), 25–79.

Anonymous 1959: Fish meal boom boosts Peru close to world leadership, *Pacific Fisherman*, 1959, Aug., 35–43.

Aomori Prefectural Fisheries Experimental Station 1955*: *Engan Shigen Itaku Chôsa Keika Hôkoku* (Preliminary report of the Cooperative Neritic-Pelagic Fisheries Investigation)—*iwashi*, 1954, 19+55 pp.

——— 1956*: Ditto., 1955, 44 pp.

——— 1958*: Ditto., 1957, 24 pp.

Asami, T. 1953: Studies on the ovarian eggs of clupeoid fishes, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **19** (4), 398–404.

——— 1958: On the condition of dispersal and clustering of fish eggs in the sea-I. *Rept. Nankai Reg. Fish. Res. Lab.*, (7), 19–29.

——— 1959: On the intermingling of spring and autumn offsprings of Japanese anchovy, *Engraulis japonica* (Houttuyn), *ibid.*, (11), 47–58.

Asami, T. and M. Hanaoka 1957: On the variation of vertebral number of *iwashi*, with special reference to its possiblity of being a clue for testing difference of races or of environmental conditions during their development, *ibid.*, (5), 59–73.

Berdegue, A.J. 1958: Biometric comparison of the anchoveta, *Cetengrulis mysteicetus* (Günther), from ten localities of the eastern tropical Pacific Ocean, *Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.*, **3** (1), 1–76.

Blackburn, M. 1949: Age, rate of growth, and general life history of the Australian pilchard, (*Sardinops neopilchardus*), in New South Wales waters, *Bull. Comm. Sci. Indust. Res. Org. Aust.*, (242), 86 pp.

——— 1950 a: A biological study of the anchovy, *Engraulis australis* (White), in Australian waters, *Aust. Jour. Mar. Freshwater Res.*, **1** (1), 3–84.

——— 1950 b: Studies on the age, growth and life history of the pilchard, *Sardinops neopilchardus* (Steindachner), in southern and western Australia, *ibid.*, **1** (2), 221–258.

——— 1952: "Condition rings" on scales of the European Pilchard, *Sardina pilchardus* (Walbaum), *Cons. Perm. Int. Expl. Mer, Jour. du. Cons.*, **17** (2), 181–195.

Buchanan-Wollaston, H. J. 1933: Some modern statistical methods: their application to the solution of herring race problems, *ibid.*, **8** (1), 7–47.

Chôsen Sôtoku-fu 1937–43*: *Chôsen Suisan Tôkei* (Fisheries statistics in Korea), 1935–41.

Clark, F. N. and J. B. Phillips 1952: The northern anchovy (*Engraulis mordax mordax*) in

* Titles of publications written in Japanese are given in italics with the English translations in parentheses.

the California fishery, *Calif. Fish and Game*, **38** (2), 189–208.

Cochran, W. G. 1954: Some methods for strengthning the common χ^2 tests, *Biometrics*, **10** (4), 417–451.

Dannenvig, A. 1932: Is the number of vertebrae in the cod influenced by light or high temperature during the early stages? *Cons. Perm. Int. Expl. Mer, Jour. du Cons.*, **7** (1), 60–62.

Fage, L. 1911: Recherches sur la biologies de l'anchois (*Engraulis encrasicholus* (L)). Race-âge-migration, *Ann. Inst. Oceanogr.*, **2** (4), 40 pp.

———— 1920: Engraulidae, Clupeidae, *Rept. Danish Oceanogr. Exped.*, **II** (6), A **9**, 140 pp.

Fukuyo, T. 1947*: *Chôshi iwashi gyogyô-ki* (History of *iwashi* fishery at Chôshi), 151 pp., published by author, Chôshi.

Haldane, J. B. S. 1939: The mean and variance of χ^2 when used as a test of homogeneity when expectations are small, *Biometrika*, (31), 346–355.

Hayashi, S. 1951*: *Katakuchi-iwashi no uroko ni yoru nenrei satei* (Age determination of the Japanese anchovy with the use of scales)—Prelimilary report, delivered at Annual Meeting of Japan. Soc. Sci. Fish.

———— 1957: On the catch of 0-age sardine in Mutsu Bay, *Bull. Tôkai Reg. Fish Res. Lab.*, (15), 15–20.

———— 1959: Recent fluctuations in the sardins stocks off the east coast of Honshû, *World Scientific Meeting on the Biology of Sardines and Related Species, FAO, Experience Paper*, (8), 8 pp. (draft).

———— ms: Growth of the Japanese anchovy–II. Vertebral counts of mature and immature fish, *Bull. Tôkai Reg. Fish. Res. Lab.*, (9).

Hayashi, S. and K. Kondô 1957: Ditto.–IV. Age determination with the use of scales, *ibid.*, (17), 31–64.

———— 1959: Two-boat purse seine fishery and the age composition of the anchovy catch in the area extending between Kujûkuri Hama and Kashim Nada, 1953 through 1956, *ibid.*, (26), 21–41.

———— Growth of the Japanese anchovy–I. Seasonal fluctuation in condition coefficients, *ibid* (9).

Hayashi, S. and H. Suzuki 1957: Ditto.—III. Vertebral counts of postlarvae, *ibid.*, (15), 21–28.

———— 1959: On the counting of the vertebral segments of the postlarval anchovy, *ibid.*, (26), 43–50.

Hayashi, S. and A. Tadokoro ms: Occurrence of the *taiwan-ainoko, Stolepholus zollingeri* (Bleeker), in Japan.

Herre, A. W. 1953: A check list of Philippine fishes, *U. S. Fish and Wildlife Service, Res. Rept.*, (20), 977 pp.

Hildebrand, S. F. 1943: A review of the American anchovy (Family, Engraulidae), *Bull. Bingham Oceanogr. Coll.*, **8** (2), 165 pp.

Hollister, G. 1936: Caudal skeleton of Bermuda shallow water fishes. I. Order Isospondyli, Elopidae, Megalopidae, Albulidae, Clupeidae, Dussumieriidae, Engraulidae, *Zooligica* (21), 257–290.

Howard, G. V. 1954: A study of populations of the anchoveta, *Cetengraulis mysitcetus*, based on metric characters, *Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.*, **1** (1), 3–56.

Howard, G.V. and A. Landa 1958: A study of the age, growth, sexual maturing, and spawning of the anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*) in the Gulf of Panama, *ibid.*, **2** (9), 391–467.

Hubbs, C. L. 1925: Racial and seasonal variation in the Pacific herring, California sardine and California anchovy, *Calif. Fish and Game, Fish Bull.*, (8), 23 pp.

———— 1926: The structural consequences of modifications of the developmental rate in fishes, considered reference to certain problems of evolution, *American Naturalist*, **60** (666), 57–81.

———— 1934: Racial and individual variation in animals, especially fishes, *ibid.*, **68** (715), 115–128.

Inoue, A. 1949: Note on the habit of *Engraulis japonicus* Temminck & Schlegel collected from the coast of Sumoto City and its neighbourhood, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **15** (8), 385–390.

Ishigaki, T., K. Kaga, Y. Kitano. and O. Sano 1959: *Progress Report of the Cooperative Coastal Important Resources Investigations, 1955*, 186 pp., Hokkaidô Regional Fisheries Research Laboratory.

Ishiyama, R. 1950: Studies on the larvae and youngs of the several clupeoid fishes, *Jour. Fish. Sci.*, **40** (2), 1–21.

Itazawa, Y. 1954: On the number and modified forms of vertebrae found in the Japanese anchovy (*Engraulis japanicus*), *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **20** (7), 591–598.

——— 1957*: *Gyorui ni okeru taisetsuteki-keishitsu no hen'i, tokuni kankyô tono kankei ni tsuite—sôjutsu* (On variation of meritstic characters in fishes, with special reference to the effects of environments—review), *In* Suisangaku Shûsei, 763–795.

Japanese Meteorological Agency 1958, 1959: Geophysical Review, nos. 701–712.

Kamohara, T. 1952: Additions to the fish fauna of Province Tosa, Japan, *Rept. Kôchi Univ., Nat. Sci.*, **2** (2), 10 pp.

——— 1958: A catalogue of fishes of Kôchi Perefecture (Province Tosa), Japan, *Rept. Usa Mar. Biol. St.*, **5** (1), 1–76.

Kanai, F. and T. Yokota 1954: *Katakuchi-iwashi no ring keisei ni tsuite* (On the ring formation of the anchovy), *Iwashi Shigen Chôsa Hôkoku, Nankai Region, 1953–I*, 1–5, Nankai Regional Fisheries Research Laboratory.

Kishinouye, K. 1908: Notes on the natural history of the sardine (*Clupea melanosticta* Schlegel), *Jour. Imp. Fish. Bur.*, **14** (3), 71–105.

——— 1911: Prehistoric fishing in Japan, *Jour. Coll. Agr. Japan*, **2** (7), 327–383.

Kobata, T. 1959: Comparison of body-length distribution, vertebral counts and catch, in three years (1956–1958), of a Japanese anchovy, *Engraulis japonica* (Houttuyn) in the Inland Sea, off Yamaguchi Prefecture, *Jour. Yamaguchi Pref. Naikai Fish. Exp. St.*, **10** (1), 75–80.

Kobayashi, H. 1950: Revision of the technical terms of fish lepidology, *Japan. Jour. Ichthy.*, **1** (3), 175–181.

Kondô, K. 1957: Studies of the anchovy scales–I. Difference in the scale characters from various body areas, with a consideration on ecological significance of the grooves, *Bull. Tôkai Reg. Fish. Res. Lab.*, (17), 15–24.

Kubo, I., N. Ishiwata and S. Tsukahara 1954: On vertebral counts of the Japanese anchovy of the Tôkyô Bay and its adjacent waters, *Rept. Res. Inst. Nat. Res'ces*, (36), 9–18.

Kubo, I. and S. Yamada 1954*: *Saba gyokakudaka no keinen henka* (Annual fluctuation in the mackerel landings), *Rakusui*, 1954 (3), 15–22.

Kurita, S. 1957*: *Tôkai Tôhoku ryôkaiku ni okeru katakuchi ghyogyô oyobi shigen no gaikan* (Prospectus on fishery and stocks of the anchovy in Tôkai and Tôhoku Regions), *Shigensûri-ka Print*, (7), 5–22, Mar. Res'ce, Sect., Tôkai Regional Fisheries Research Laboratory.

Kurita, S. and C. Tanaka 1956: Estimation of annual catches of the sardine and anchovy in Japan, 1926–50—Using the amounts of processed *iwashi* products—, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish*, **22** (6), 338–347.

Lindsey, C. C. 1954: Temperature-controlled meristic variation in the paradise fish, *Macropodus opercularis* (L.), *Canad. Jour. Zool.*, (32), 87–98.

Maekawa, K. and T. Yatsuyanagi 1951: Studies on the population of the useful aquatic animals in the Inland Sea of Yamaguchi Prefecture–I. Ecological studies on the Japanese anchovy, *Engraulis japonicus* Temminck & Schlegel, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **16** (12), 174–178.

Makita, K. 1954*: *Ôsakawan jûyôgyoshu scitai chôsa*—I. *Katakuchi-iwashi* (Ecological surveys on the important fishes in Ôsaka Bay—I. Anchovy), *Ôsaka-fu Suisanshikenjô Hôkoku*, 20 pp.

Marr, J. C. 1957: Contributions to the study of subpopulations of fiishes, *U. S. Fish and Wildlife Serv., Spec. Sci. Rept. Fish.*, (208), 1–6.

——— 1959: The causes of major variations in the catch of the Pacific sardine (*Sardinops caerulea* Girard), *World Scientific Meeting on the Biology of Sardines and Related Species, FAO, Stock and Area paper*, (11), 69 pp. (draft).

Matsubara, K. 1955: *Fish morpology and hierarchey, I*, 605 pp., Ishizaki Shoten, Tôkyô.

McHugh, J. L. 1951: Meristic variations and populations of northern anchovy (*Engraulis*

mordax mordax), *Bull. Scripps Inst. Oceanogr.*, **6** (3), 123–160.

——— 1954: The influence of light on the number of vertebrae in the grunion, *Leuresthes tenuis*, *Copeia*, 1954 (1), 23–25.

Meek, A. 1916: *The migration of fish*, 427 pp., Messres. Edward Arnold & Co., London.

Miller, D. J. 1955: Studies relating to the validity of the scale method for age determination of the northern anchovy (*Engraulis mordax*), *Calif. Fish and Game, Fish Bull.*, (101), 7–34.

Murakami, S. and S. Shindô 1949: Studies on the stocks of some economically important marine fishes caught around Amakusa-II. A Study on the Japanese anchovy, *Engraulis japonicus* Temminck & Schlegel, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **15** (3), 114–117.

Murakami, S. and T. Hayano 1955: *Progress report of the Cooperative Iwashi Resources Investigations, 1952*, 54 pp, Seikai Regional Fisheries Research Laboratory.

Nakai, Z. 1959: Changes in the population and catch of the Far East Sardine Area, *World Scientific Meeting on the Biology of Sardines and Related Species, FAO, Stock and Area Paper*, (5), 22 pp. (draft).

Nakai, Z. and S. Hayashi ms a: Growth of the Japanese sardine—I. A note on the growth rate, 1949 through 1951, *Bull. Tôkai Reg. Fisk Res. Lab.*, (9).

——— ms b: Ditto.—II. A dominant year class on the Pacific coast of Honshû in 1951, *ibid.*, (9).

——— ms c: Age composition of the Japanese sardine catch, 1949 through 1951, with an attempt at the population analysis, *ibid.*, (9).

Nakai, Z. and S. Usami 1953*: *Shôwa 27 nen 1–12 gatsu, Tôkai Tôhoku Kaiku ni okeru maiwashi oyobi katakuchi-iwashi no taichô taijû no kankei, sekitsuikotsusû, seihi oyobi seishokusen jukudo* (length-weight relationship, vertebral counts, sex ratio and sexual maturity of the sardine and anchovy taken in Tôkai and Tôhoku Regions during January through December 1952), *Shôwa 27 nen (Dai 2 ji) Tôkaiku Tôhokukaiku Iwashi Shigen Chôsa Keika Gaiyô*, 8–10, Tôkai Regional Fisheries Research Laboratory.

Nakai, Z., S. Usami, S. Hattori, K. Honjô and S. Hayashi 1955: *Progress report of the Cooperative Iwashi Resources Investigations, 1949–1951*, 116 pp. Tôkai Regional Fisheries Research Laboratory.

Oceanography Section, Tôkai RFRL, 1958*: *Gyokyô Kaikyô Yohô Chôsa Jisshi Jôkyô Hôkoku* (Report on performance of survey for prediction of fishing and oceanographic conditions), 10 pp.

Odate, S. 1957: Studies on the larval fish of the Japanese anchovy, *Engraulis japonica* (Houttuyn) in the north-eastern sea area of Japan, *Bull. Tôhoku Reg. Fish. Res. Lab.*, (9), 111–128.

Ôtsuka, Y., T. Yatsuyanagi and A. Tomiyama 1955: *Yamaguchiken Setonaikai ni okeru jûyô-seibutsu no seitaigakuteki kenkyû*—IX. *Katakuchi-iwashi, Engraulis japonicus* T. & S., *no seitaigakuteki kenkyû*—II. (Ecological studies on the important fishes in the Inland Sea off Yamaguchi Prefecture—IX. Ecological study on the Japanese anchovy, *Engraulis japonicus* T. & S.—II), *Jour. Yamaguchi Pref. Naikai Fish. Exp. St.*, **7** (1), 17–32.

Ricker, W. E. 1954: Stock and recruitmet, *Jour. Fish. Res. Bd. Canada*, **11** (5), 559–623.

Sardine Resources Division, Tôkai RFRL, 1953*: *Tokaiku, Tôhokukaiku Iwashi Shigen Chôsa Keika Gaiyô* (Preliminary report of *Iwashi* Resources Investigations in Tôkai and Tôhoku Regions), 1952, 11 pp.

——— 1958*: *Gyokaikyô Yohô Chôsa (Tôkai, Tôhokukaiku Gyokyô Kankei), Shôwa 32 nen chûkanhôkoku* (Preliminary report of survey for prediction of fishing and oceanographic conditions, 1957–Fishing in Tôkai and Tôhoku Regions), 16 pp.

Schnakenbeck, W. 1931: Zum Rassen Problem bei den Fischen, *Zeitschr. Morp. Ökol. Tiere, Bd*, **21** (3–4), 409–566.

Shen, Sheh-Chieh. 1959: Anchovies found in Taiwan, *Rept. Inst. Fish. Biol. Minist. Econ. Aff. and Nat, Taiwan Univ.*, **1** (3), 23–27.

Statistics and Survey Division, MAF (or MAC), 1906–52: *Nôrin* (or *Nôshômu*) *Tôkei* (Statistical Year Book), 1905–51.

——— 1952–60: Agriculture, Forestry and Fishery Statistics Data, nos. 17, 21, 22, 56, 76,

31–9, 32–52, 33–23, 34–40, 35–46 and *Suisan Tôkei Geppô* (Monthly Statistics for Fisheries), nos. 1–107.

Tagawa, I. 1903: Sardine fishery in the Prefecture of Kanagawa, *Jour. Imp. Fish. Bur.*, **12** (2), 7–65.

Takayama, I. and M. Sakai 1936: An investigation of the present position of important fisheries, III. On the sardine fishery, *Jour. Imp. Fish. Exp. St.*, (7), 287–334.

Tamura, O. 1955: Studies on the Japanese Anchovy—I. Racial study (1), *Bull. Facul. Fish., Nagasaki Univ.*, (3), 99–106.

——— 1958: Ditto.—I. Racial study (2), *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **23** (9), 529–533.

Tanaka, S. 1956: Body length distribution of the Japanese anchovy, *Engraulis japonica* (Houttuyn), in Ise Bay, Mikawa Bay and Enshû Nada—I. Body length in 1951 and 1952, *Bull. Tôkai Reg. Fish. Res. Lab.*, (13), 35–50.

——— 1960: Studies on the dynamics and the management of fish population, *ibid.*, (28), 1–200.

Tåning, A. V. 1944: Experiments on meristic and other characters in fishes—I. On the influence of temperature on some meristic characters in sea-trout and the fixation period of these characters, *Medd. Komm. Danmark. Fiskeri- og Havunders., Fiskeri*, II, **3**, 1–66.

Tester, A. L. 1951: The distribution of eggs and larvae of the anchovy, *Stolephorus purpureus* Fowler, in Kaneohe Bay, Oahu, with a consideration of the spawning population, *Pacific Science*, **5** (4), 321–346.

Tester, A. L. and R. W. Hiatt 1952: Variation in the vertebral number of the anchovy (*Stolephorus purpureus*) in Hawaiian waters, *ibid.*, **6** (1), 59–70.

Tôkai Regional Fisheries Research Laboratory 1950*: *Zenkoku Iwashi Gyokaku Tôkei* (Catch statistics of *iwshi* in Japan), 1949, 6 pp.

——— 1951*: Ditto., 1950, 15 pp.

——— 1955: *Data from Cooperative Iwashi Resources Investigations, Tôkai and Tôhoku Regions*, Ser. B, 1953, 382 pp.

——— 1956: Ditto., *Tôkai and Tôhoku Regions*, Ser. B, 1954, 442 pp.

——— 1957: Ditto., *Tôkai and Tôhoku Regions*, Ser. B, 1955, 369 pp.

——— 1955–57: Oceanographic Chart, nos. 366–414.

——— ms: *Data from the Cooperative Iwashi Resources Investigations*, 1949, 1950.

Uda, M. 1952: On the relation between the variations of the important fisheries conditions and the oceanographic conditions in the adjacent waters of Japan, *Jour. Tôkyô Univ. Fish.*, **38** (3), 363–389.

Usami, S. 1950: *Tôkaiku-san katakuchi-iwashi no taichô niyoru nenrei ni tsuite* (On the age determination of the Japanese anchovy in the Tôkai Region based on length frequency), delivered at the Meeting of Kyûshû Branch, Japan. Soc. Sci. Fish.

Watanabe, K. 1955: Some notes on the variation in number of vertebrae of Japanese anchovy, *Engraulis japonicus*, and the monthly growth in its juveniles, *Ann. Rept. Japan Sea Reg. Res. Lab.*, (2), 23–36.

——— 1956*: *Nihonkai no katakuchi-iwashi ni tsuite* (On the Japanese anchovy in the Japan Sea), 89 pp., *In* Nihonkai *Iwashi* Shigen Chôsa Gaiyô, Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory.

——— 1958 a: On the variation in the vertebral counts of the anchovy in the Japan Sea, *Ann. Rept. Japan Sea Reg. Fish. Res. Lab.*, (4), 135–145.

——— 1958 b: Growth of the anchovy in the Japan Sea, *ibid.*, (4), 147–152.

Yamaguchi, K. 1947*: *Nihon gyogyôshi* (History of Japanese fishery), 349 pp. Seikatsusha, Tôkyô.

Yamanaka, I. and S. Itô 1957: *Progrees Report of the Cooperative Iwashi Resources Investigations, 1954*, 177 pp., Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory.

Yasumura, T., T. Utsunomiya, Y. Ôtsuka and K. Maekawa 1956*: *Yamaguchiken Setonaikai ni okeru iwashi ami gyogyô to katakuchi-iwashi ni kansuru chôsa kenkyû* (Investigations on the *iwashi* fisheries and the anchovy in the Seto Inland Sea off the Yamaguchi Prefecture), *Jour. Yamaguchi Pref. Naikai Fish. Exp. St.*, **8** (2), 1–42.

Yokota, T. 1953: Studies on the sardines in Hyûga-Nada and Bungo-Strait, *Rept. Nankai Reg. Fish. Res. Lab.*, (2), 251 pp.

Yokota, T. and T. Asami 1956*: *Shôwa 28 nen iwashi shigen kyôdô kenkyû keika hôkoku* (Progress report of the Cooperative *Iwashi* Resources Investigations), 117 pp., Nankai Regional Fisheries Research Laboratory.

Yokota, T. and I. Furukawa 1952: Studies on the stocks of the clupeoid fishes in Hyûganada —III. Note on the variation of the number of vertebrae and monthly growth rate of Japanese anchovy, *Engraulis japonicus* Temminck et Schlegel, *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **17** (7, 8), 60–64.

Yoshida, H. 1938: On the "shirasu" or "white fish" stage of a Korean fish "Bulbanji", *Thrissa purava* (Hamilton), *ibid.*, **6** (5), 269–273.

カタクチイワシの漁業生物学的研究

林　　繁　一

要　　約

カタクチイワシは近年非常に増加し，その漁獲量は 1955 年頃から日本における魚類総量の 7％前後を占めている。しかるに本種の漁業生物学的研究は 1949 年にイワシ資源調査が開始されるまでは極めて貧弱であつた。筆者は主として上記資源調査によつて得られた資料に基ずいて，主漁場である本州太平洋沿岸を中心とする日本近海におけるカタクチイワシの分布，漁業の概要，体節的形質の変異ならびに年令および成長を研究した。さらに，これらの資料および卵分布量資料を用いて本種の生活史および資源に対する漁業の影響を解析し，それらに基ずいてカタクチイワシ資源の漁業管理方策樹立に必要な研究を進めるうえの主要な問題点を検討した。その結果を要約すると次の通りである。

1. 従来の知見によると日本近海には数種のカタクチイワシ亜科魚類が棲息するが，漁獲物のほとんど全てはカタクチイワシである。また本種は日本沿岸を中心に極東温帯部に広く分布するけれども，主分布域は日本周辺でこの他朝鮮近海でも比較的多獲される。

2. カタクチイワシ漁獲量の経年変化には 1905 年から 1912 年にわたる増加期（3～10 万トン），1913 年から 1930 年に至る安定期(8～12 万トン)，1936 年までの減少期(12～4 万トン）およびその後の増加期(4～43 万トン）の 4 期が区別される。漁業が未発達であつた第 1 期を除く 3 期間の増減は，漁業の対象としても生態的にも本種と密接な関係をもつマイワシ漁獲量の増減と相反している。2 種以上の魚類の漁獲量相互間に見られる逆相関は漁業者の対象魚種の転換によつて起る場合もある。しかし過去の資料によると，少くともカタクチイワシとマイワシとの漁獲量変動の間に見られる逆相関は資源量のそれを示していると考えられる。またカタクチイワシは漁獲量の地理的分布の大規模な経年変動を示さず，その過半は引き続いて太平洋沿岸で水揚げされている。これから本地方で発達した漁業が過去においてカタクチイワシ資源に悪影響を与えなかつたといえよう。1953 年から 1957 年までの統計によると，本種は主として 2 そう旋網および船曳網，パッチ網によつて漁獲され，同時にその主対象でもある。上記両漁業はいずれも太平洋沿岸でもつとも発達しかつ安定している。なおこれらの漁業のうちにもカタクチイワシを全く対象としない漁船があるのみでなく，その他の漁船もしばしば対象魚種を転換する。全国的にみるとカタクチイワシの漁期はほぼ周年にわたり，一般に初夏に減少し夏および冬に増加する。本種の稚魚を主体とするシラス漁獲量は 5 月にいちじるしく多く，次いで秋に増加する。漁期の推移は年々北部では南部よりも，主漁場では漁獲の少い漁場よりも安定している。漁獲されるカタクチイワシは全長 13 mm の後期稚魚から体長 16 cm を超える大形魚まで種々であり，特に多いものは全長 23～27 mm のシラス，体長 6～8 cm の小形魚および 10～13 cm の大形魚である。

3. 産卵の時空間分布が広い本種の発生集団（space-time group）識別の一環として，茨城県から長崎県に至るシラス漁場で得られた標本の脊椎骨数，背，臀鰭条数を検討して次の結果を得た。

a. 脊椎骨および背，臀鰭条は全長 19 mm 前後の個体で，すでに定数に達する。

b. 上記各形質は何れも発生期によつて有意に変化し，4～6 月のシラスの平均骨数および鰭条数は 8～11 月のそれに比べて約 0.30～0.35 多い。

c. 一方これら諸形質の地域別平均値の差は 0.1～0.2 である。したがつて体節的形質による発生水域の識別は困難である。

d. シラスの脊椎骨数，背，臀鰭条数は漁獲 1, 2 ケ月前の水温，塩分と有意な相関を示す。もしこれらの諸形質が発生のごく初期の環境条件に支配されるとすれば，シラス漁獲物の大部分は生後 1～2 カ月と推定される。

4. シラス期を過ぎたカタクチイワシの年令および成長を体長組成，脊椎骨数および鱗相によつて検討し次の結果を得た。

a. 体長組成および脊椎骨数の検討によつて 発生後 1 年未満，体長 10 cm 以下の小形魚の成長を追跡出来る。大形魚では成長度が減少するため上記資料による成長の推定は困難であるが，少くとも体長 8～14 cm の個体には 2 年令群の存在が示唆される。

b. 体長組成および脊椎骨数の解析ならびに検鱗に基づいて求められた成長曲線は互いによく一致する。それらの結果によると本州太平洋沿岸のカタクチイワシは発生年末に 5～11 cm，第 2 年末に 11～14 cm，第 3 年夏（本地方の資源の主体を占める春期発生群にとつては孵化後満 2 年余り）に 12～15 cm に達し，その後はほとんど漁場に出現しない。

5. 上述の通りカタクチイワシの重要な漁業生物学的特性として産卵の時空間分布が広いことに加えて，生存年数が短かいことが明らかになつた。

a. これから本種資源の変動について次の一般的見解が下される。

i. 本種資源は多数の発生群よりなるので特定の時期，場所における環境変動がその年級におよぼす影響は限定され易い。また産卵の時空間分布が広いことから本種が広い適応性を持つといえる。

ii. 体形が小さく生態系の中で被食者であり，かつ生存年数が短かいという事実は本種の自然死亡率が高いことを示す。

iii. これらの帰結として本種資源は主として環境条件，特に捕食者または競争者である他種資源の量，分布に影響される可能性が大きい。

b. 本州太平洋岸の資源の年変動について特に詳細な検討を行つた。この海域における主要漁獲物は千葉，茨城両県（東部）の大形魚，三重，愛知両県（西部）の小形魚および静岡，愛知，三重 3 県（西部）のシラスである。また主産卵場は房総半島から紀伊半島に至る沖合である。これらの獲獲量および産卵量をそれぞれの発育期における資源量指数と見做して相互に比較し，次の結果を得た。

i. 本地方のカタクチイワシ主群は上記産卵場で発生する。稚魚は卵黄吸収期に大量に減耗した後一部がシラス漁場に出現する。この時代以後の死亡率は比較的安定している。西向した群の一部は夏から秋に伊勢湾，三河湾に出現する。東向した群の一部は年末に九十九里浜，鹿島灘方面で漁獲される。伊勢湾，三河湾における来游率は年々大きく変化するが，遠州灘およびその近海ならびに東部海域における来游率はかなり安定している。I 魚年時代に入り，魚群は房総半島南部およびそれ以西の海域に移動し産卵主群となる。発生第 2 年末になつて，産卵を終了した大形魚は九十九里浜，鹿島灘方面の漁場に出現し，一部は翌年初夏に岩手県沿岸にまで洄游する。

ii. 上記漁場における漁業は資源に悪影響を与えていないと結論された。また各発生期の漁獲量相互間および産卵量との関係を利用し，千葉，茨城県方面の漁獲量を 1, 2 年前に予測し得る。

c. 本州太平洋沿岸の資源について得られた推論を確かめるためには，本種のみでなく関連する重要魚類に対して次の課題の研究を充実する必要がある。

i. 漁業対象資源の構造および量の研究。

ii. 卵，稚仔分布量の動態の研究。

iii. 資源の量，分布におよぼす環境条件に関する研究。

Epiphytic Diatoms upon Japanese Agar Sea-weeds*

Hideaki TAKANO

I. Introduction

The surface of dried agar sea-weeds 'tengusa' (Gelidiaceae) is often covered with white powder or pale green paste. Japanese fishermen call it 'beto' or 'aobeto'. It is known that the attached organisms are mostly diatoms. Since OKAMURA (1908) pointed out this phenomenon, similar cases have been reported by some researchers from a few regions on the Japanese coast (SUTO, 1954). Diatoms possibly hinder the growth of sea-weeds and deteriorate commercial value of the sea-weeds. Moreover, epiphytes may be a good indicator of circumstances where sea-weeds are growing, because the seasonal and geographical changes of their distribution are governed by various conditions of the sea, therefore, more extensive researches on them are desired.

As attached diatoms upon agar sea-weeds have seldom been examined satisfactorily, the writer collected the material from eight different localities on the Japanese coast (Table 1) to analyse the epiphytic flora. Most of the samples were taken out of shallow waters by submarine divers.

Table 1. Predominating diatoms in epiphytic communities upon Japanese agar sea-weeds 'tengusa' (Gelidiaceae).

Pref.	station	month	number of samples	predominating diatom
The Izu Islands (Tokyo)	Hachijo I.	Aug. 1953	1	*Climacosphenia moniligera*
	Mikura I.	May 1958	1	*Licmophora juergensii* v. *elongata*
	Miyake I.	〃 〃	4	〃 〃 〃
		〃 〃	1	*Arachnoidiscus ornatus*
	Oshima I.	〃 1953	1	*Licmophora juergensii* v. *elongata*
		〃 1957	1	*Biddulphia pulchella*
		〃 1958	1	*Licmophora juergensii* v. *elongata*
		〃 〃	2	*Arachnoidiscus ornatus*
Mie	Owase	Oct. 1960	1	*Skeletonema costatum*
Kochi	Susaki	Nov. 1958	1	rare
	Mito	June 1959	1	*Climacosphenia moniligera*
Niigata	Murakami	Aug. 1959	1	*Cocconeis scutellum*

* Received on April 14, 1961.
Contribution A No. 148, from the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory.

For examining diatom frustules, they were separated from the sea-weeds by washing them in dilute hydrochloric acid. Settled samples were boiled with nitric acid, and cleaned frustules were mounted in Pleurax.

The writer wishes to express his sincere thanks to Mr. Yoji Kurata, Tokyo Metropolitan Fisheries Experiment Station, and the others, who kindly collected the material on various occasions to put them at the writer's disposal. Prof. Kohei Tsumura, Yokohama Municipal University, kindly supplied much valuable advice and was cooperative in identifying some species of diatoms.

II. Predominant diatoms in epiphytic communities

The following eight diatoms are of value for special attention, because they were abundant at the surface of tengusa, sometimes making distinct discoloration to the naked eye.

Arachnoidiscus ornatus Ehr.

(Pl. I, Fig. 1)

A. S. Atl. Diat., pl. 73, f. 4–10.

Okamura (1908 and 1911) indicates the importance of this diatom upon tengusa from the Izu Peninsula. Three samples collected from Oshima I. and Miyake I. in May 1958 were rich in *A. ornatus*. When this species is abundant at the surface, dried specimens of tengusa look as if they were covered with coarse white powder.

A. ornatus is distinguished from the allied species *A. ehrenbergii* Bail. as the former has characteristic transverse ribs between spokelike rays in the valve. However, the appearence of valves does not seem to be uniform, because in some valves transverse ribs cover the whole area except the central part of them, but in others ribs are only in the outer half and sometimes only traces of ribs remain at both sides of the spokelike rays.

Biddulphia pulchella Gray

(Pl. I, Fig. 4)

Hustedt, K.-alg., I, p. 832, f. 490.

A specimen of tengusa collected from Oshima I. in 1957 was covered with the above mentioned diatom, which grows in long chains. The dried specimen of tengusa looks as if it were covered with light olive powder when *B. pulchella* dominates over an epiphytic community.

Climacosphenia moniligera Ehr.

(Pl. I, Fig. 3)

Hustedt, K.-alg., II, p. 89, f. 625.

Abundantly found upon the surface of tengusa collected in southern waters such as adjacent to Hachijo I. and Mito, near Cape Muroto, Kochi Prefecture. This species would make dried specimens of tengusa appear covered with agglutinated pale yellow-green powder.

Cocconeis scutellum Ehr.

(Pl. I, Fig. 6)

Hustedt, K.-alg., II, p. 337, f. 790.

Epiphytes found on the specimen collected from Murakami, Niigata Prefecture, on the Japan Sea, were not so large in quantity as on many other specimens from the Pacific coast. The above mentioned minute diatom dominated over the epiphytic community of this specimen.

Gomphonema kamtschaticum Grun.

var. *californicum* Grun.

(Pl. II, Fig. 3)

V. H. Syn., pl. 25, f. 28.

Cleve, Syn. Nav. Diat., I, p. 189.

This minute diatom, which had never been reported from Japanese waters, appeared in considerable quantities, together with many cells of *Arachnoidiscus ornatus* in the samples collected from Oshima I.

Licmophora juergensii Agardh

var. *elongata* Péragallo

(Pl. I, Fig. 2)

Péragallo, Diat. mar. de France, p. 345, pl. 84, f. 6.

Specially abundant upon many specimens of tengusa collected from Oshima I., Miyake I. and Mikura I. in 1953 and 1958. Those specimens from the Izu Islands show that the striae on the valve are a little finer than the Péragallo's description, measuring 22 lines in 10 μ. When this diatom dominates over the epiphytic community of the dried tengusa, it offers the appearance of finer powder than in the case of *Climacosphenia moniligera*, which is agglutinated in pale yellow-green color. *L. juergensii* has never been reported from Japanese waters.

Skeletonema costatum (Grev.) Cl.

Hustedt, K.-alg., I, p. 311, f. 149.

This well-known diatom was abundantly collected with a specimen of tengusa from Owase, Mie Prefecture, in October 1960. It is doubtful if this diatom directly attaches upon the surface of sea-weeds, because the piece of tengusa obtained had hung on a dusty trawl-net, and was immersed in acid without preliminary observation under the microscope. According to Iizuka and Kazihara (1959), this diatom seems to grow in mud attached upon fishing nets.

Trachyneis aspera Ehr.

(Pl. II, Fig. 18)

A. S. Atl. Diat., pl. 48, f. 1–6, 12–22.

Cleve, Syn. Nav. Diat., I, p. 191.

Commonly appeared in the sample collected from Murakami, Niigata Prefecture, together with *Cocconeis scutellum*. It is also often seen on tengusa collected from

the Pacific coast. Skvortzow (1929) reports *Trachyneis aspera* found attaching upon *Laminaria* sp. collected from the Siberian shore of the Japan Sea.

III. Other diatoms found in the communities

Epiphytic communities upon tengusa include several more diatoms common or rare in quantity. The following are the main members found on the surface of the foregoing samples of tengusa.

Actinocyclus decussatus Mann (Pl. II, Fig. 2): Mann, Diat. Philip. Is., p. 12, pl. 2, f. 1–2; *A. confluens* Grun., Meister, Kieselalg. Asien, p. 34, pl. 12, f. 84: rare at Oshima I.

Actinocyclus octonarius Ehr.: *A. ehrenbergii* Ralfs, Hustedt, K.-alg., I, p. 525, f. 298; Hendey, Journ. Mar. Biol. As., vol. 33, p. 538; rare at Oshima I.

Actinoptychus senarius (Ehr.) Ehr.: *A. undulatus* (Bail.) Ralfs, Hustedt, K.-alg., I, p. 475, f. 264; Lohman, Diat. Geol. Biol. N. Atlant. Deep-sea Cores, p. 80, pl. 16, f. 9: rare at Susaki.

Amphora bigibba Grun.: A. S. Atl. Diat., pl. 25, f. 66, 67, 69, 70–77; Cleve. Syn. Nav. Diat., II, p. 120: rare at Murakami.

Biddulphia gruendleri A. S.: A. S. Atl. Diat., pl. 118, f. 22–24: rare at Oshima I.

Biddulphia reticulata Roper (Pl. I, Fig. 5): A.S. Atl. Diat., pl. 121, f. 11–15: common at Oshima I. together with *B. pulchella.*

Campyloneis grevillei (W. Sm.) Grun. (Pl. II, Fig. 4): Hustedt, K.-alg., II, p. 321, f. 781, 782: common at the Izu Islands.

Cocconeis heteroidea Hantzsch: Hustedt, K.-alg., II, p. 356, f. 811: rare at Oshima I.

Cocconeis pellucida Grun.: Hustedt, K.-alg., II, p. 357, f. 812: rare at Oshima I.

Cocconeis pseudomarginata var. *intermedia* Grun. (Pl. II, Fig. 11): *Cocconeis duplex* A. S., Atl. Diat., pl. 194, f. 1; Hustedt, K.-alg., II, p. 360: common at the Izu Islands and Murakami.

Coscinodiscus marginatus Ehr.: Hustedt, K.-alg., I, p. 416, f. 223: rare at Oshima I.

Diploneis bombus Ehr. (Pl. II, Fig. 13): Hustedt, K.-alg., II, p. 704, f. 1086: rare at Hachijo I.

Diploneis splendida (Greg.) Cl.: Hustedt, K.-alg., II, p. 712, f. 1089: rare at Susaki.

Diploneis vacillans var. *japonica* Skv. (Pl. II, Fig. 12): Skvortzow, Bot. Mag. Tokyo, vol. 43, p. 58, f. 5: rare at Murakami.

Diploneis weissflogii (A. S.) Cl.: Hustedt, K.-alg., II, p. 703, f. 1085: rare at Susaki.

Endictya oceanica Ehr. (Pl. II, Fig. 1): Hustedt, K.-alg., I, p. 297, f. 136: common at Oshima I., together with *Biddulphia pulchella.*

Gephyria media Arnott (Pl. II, Fig. 6): Hustedt, K.-alg., II, p. 10, f. 544: common at the Izu Islands.

Grammatophora angulosa Ehr. (Pl. II, Fig. 15): Hustedt, K.-alg., II, p. 39, f. 564: rare at Oshima I.

Grammatophora hamulifera Kütz. (Pl. II, Fig. 14): Hustedt, K.-alg., II, p. 40, f. 566: common in most samples.

Grammatophora marina (Lyngb.) Kütz.: Hustedt, K.-alg., II, p. 43, f. 569: common in most samples.

Grammatophora oceanica Ehr.: Hustedt, K.-alg., II, p. 45, f. 573–575; rare at Hachijo I.

Isthmia minima Harv. & Bail.: Tsumura, Bull. Jap. Soc. Phycol., vol. 7, p. 84, pl. 1, f. 6; pl. 2, f. 3–5: rare at Oshima I. and Hachijo I.

Licmophora lyngbyei (Kütz.) Grun.: *L. abbreviata* Ag., Hustedt, K.-alg., II, p. 66, f. 590; Hendey, Discovery Rep., p. 337: common at the Izu Islands together with *L. juergensii* var. *elongata*.

Mastogloia fimbriata (Brightw.) Cl.: Hustedt, K.-alg., II, p. 464, f. 884: rare at Susaki.

Mastogloia wrightii O'Me. (Pl. II, Fig. 17): Cleve, Syn. Nav. Diat., II, p. 148: common at the Izu Islands.

Navicula garkeana Grun. (Pl. II, Fig. 7): Cleve, Syn. Nav. Diat., I, p. 154: common in most samples.

Podocystis adriatica (Kütz.) Boyer (Pl. II, Fig. 9): Kützing, Bacil., p. 62, pl. 7, f. 8; pl. 30, f. 80; Boyer, Syn. N. Amer. Diat., p. 547: rare at Miyake I.

Podocystis spathulata (Shadb.) V. H. (Pl. II, Fig. 10): Hustedt, K.-alg., II, p. 133, f. 653: rare at Oshima I.

Rhabdonema adriaticum Kütz.: Hustedt, K.-alg., II, p. 23, f. 552: rare at the Izu Islands.

Rhabdonema mirificum W. Sm. (Pl. II, Fig. 5): A. S. Atl. Diat., pl. 217, f. 1–3: common at the Izu Islands and Mito.

Rhaphoneis surirella (Ehr.) Grun. (Pl. II, Fig. 16): Hustedt, K.-alg., II, p. 173, f. 679: common at Murakami.

Rhoicosphenia curvata (Kütz.) Grun.: Hustedt, K.-alg., II, p. 430, f. 879: common at Oshima I.

Triceratium formosum Brightw.: A. S. Atl. Diat., pl. 79, f. 2, 3: rare at the Izu Islands.

Triceratium whampoense Schwarz: Skvortzow, Philip. Journ. Sci., vol. 41, p. 40, pl. 1, f. 1–6: rare at the Izu Islands.

References

IIZUKA, S. and KAZIHARA, T. 1959: Ami no fuchakubutsu ni kansuru kenkyu. 1. Fuchakudei-chu no diatom-gun ni tsuite. Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ., **8**, 51–56.

OKAMURA, K. 1908: Izu-engan tengusa no gensho suru genin o ronji isoyake ni oyobu (yoho). Suisan Kenkyu Shi, **3**(7), 131–136.

———— 1911: Honposan engan keisorui ippan. Rep. Imp. Fish. Inst., **7**(4), 155–194, pls. 8–13.

SKVORTZOW, B.W. 1929: On some marine diatoms from Siberian shore of Japanese Sea. Bot. Mag. Tokyo, **43**(506), 57–59.

SUTO, S. 1954: The agar sea-weed 'tengusa' harvesting and propagating its resources. Aquicult. Sci. Ser., No. 8. 53 pp.

てんぐさに着生する珪藻

高野秀昭

要約

てんぐさの表面には多数の珪藻が着生し，その商品価値を低下させるが，珪藻のどの様な種類が主であるかこれまで余り詳しくは知られていない。

著者は伊豆七島及び三重，高知，新潟各県下で採取された標品について，これを調査した。伊豆七島のてんぐさには，*Arachnoidiscus ornatus*, *Biddulphia pulchella*, *Gomphonema kamtschaticum* var. *californicum*, *Licmophora juergensii* var. *elongata* の着生が顕著であり，八丈島，高知県三津など温暖な地方では，*Climacosphenia moniligera* が優占種であつた。日本海側の新潟県下から送られた標品では，着生珪藻が比較的少なかつたが，*Cocconeis scutellum* と *Trachyneis aspera* が主であつた。三重県下のの標品に *Skeletonema costatum* が可成り附着していたが，本種は恐らくてんぐさの表面に直接着生したのではなく，附着した泥の上で繁殖したものとみられる。

以上8種に混じて，*Actinocyclus*, *Actinoptychus*, *Amphora*, *Biddulphia*, *Campyloneis*, *Cocconeis*, *Coscinodiscus*, *Diploneis*, *Endictya*, *Gephyria*, *Grammatophora*, *Isthmia*, *Licmophora*, *Mastogloia*, *Navicula*, *Podocystis*, *Rhabdonema*, *Rhaphoneis*, *Rhoicosphenia*, *Triceratium* 等に属する 30 種以上の珪藻が，てんぐさの表面から検出された。

Plates

（図　版）

Plate I

Fig. 1. *Arachnoidiscus ornatus* Ehr. Diameter: a, 210 μ; b, 230 μ.

Fig. 2. *Licmophora juergensii* var. *elongata* Péragallo, a, girdle view, b, valve view, c, striae. Apical axis 90 μ.

Fig. 3. *Climacosphenia moniligera* Ehr., a, girdle view, b, valve view. Apical axis 200 μ.

Fig. 4. *Biddulphia pulchella* Gray, a, valve view, b, girdle view. Apical axis 100 μ.

Fig. 5. *Biddulphia reticulata* Roper, a, valve view, b, girdle view. Apical axis 80 μ.

Fig. 6. *Cocconeis scutellum* Ehr., a and b, rapheless-valve. Apical axis: a, 35 μ: b, 30 μ.

Fig. 7. *Arachnoidiscus ornatus* Ehr., attached upon a piece of agar sea-weeds.*

Fig. 8. *Biddulphia pulchella* Gray, collected from the surface of a piece of agar sea-weeds.*

Fig. 9. *Climacosphenia moniligera* Ehr., attached upon a piece of agar sea-weeds.*

Fig. 10. *Licmophora juergensii* var. *elongata* Péragallo, attached upon a piece of agar sea-weeds.*

* Photos in Figs. 7–10 were taken by Mr. Yoshio Takemura, Tokai Regional Fisheries Research Laboratory.

Plate I

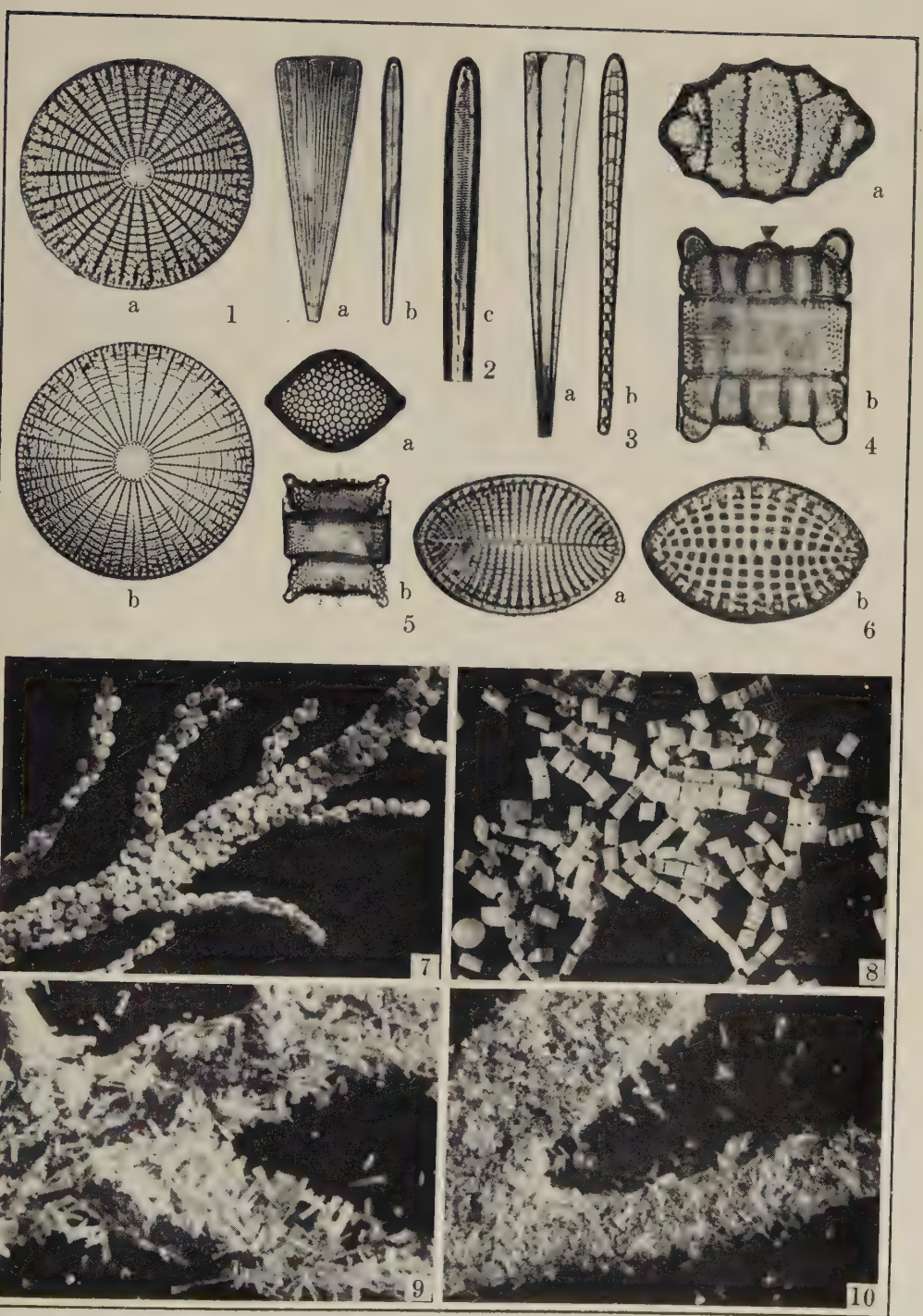


Plate II

Fig. 1. *Endictya oceanica* Ehr., a, valve view, b, girdle view. Diameter 80 μ.

Fig. 2. *Actinocyclus decussatus* Mann Diameter 100 μ.

Fig. 3. *Gomphonema kamtschaticum* var. *californicum* Grun., a, girdle view, b, valve view. Apical axis 33 μ.

Fig. 4. *Campyloneis grevillei* (W. Sm.) Grun., a, raphe-valve, b, rapheless-valve. Apical axis: a, 25 μ; b, 45 μ.

Fig. 5. *Rhabdonema mirificum* W. Sm., a, valve view, b, girdle view. Apical axis 170 μ.

Fig. 6. *Gephyria media* Arnott, girdle view. Apical axis 160 μ.

Fig. 7. *Navicula garkeana* Grun., girdle view. Apical axis 50 μ.

Fig. 8. *Licmophora lyngbyei* (Kütz.) Grun., a, girdle view, b, valve view. Apical axis 60 μ.

Fig. 9. *Podocystis adriatica* (Kütz.) Boyer Apical axis 33 μ.

Fig. 10. *Podocystis spathulata* (Shadb.) V. H. Apical axis 52 μ.

Fig. 11. *Cocconeis pseudomarginata* var. *intermedia* Grun., raphe-valve. Apical axis 50 μ.

Fig. 12. *Diploneis vacillans* var. *japonica* Skv. Apical axis 43 μ.

Fig. 13. *Diploneis bombus* Ehr. Apical axis 55 μ.

Fig. 14. *Grammatophora hamulifera* Kütz., a, valve view, b, girdle view. Apical axis 20 μ.

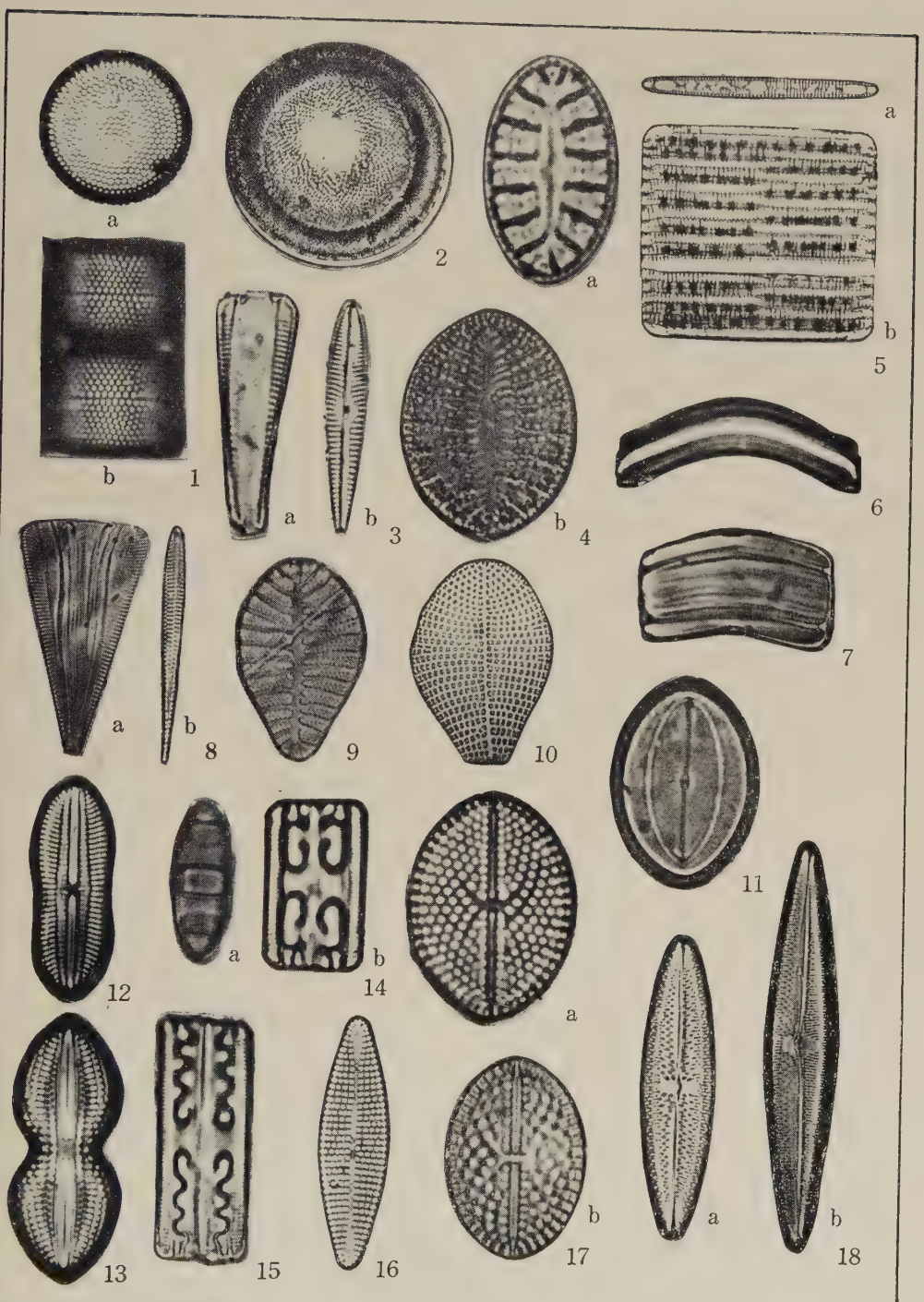
Fig. 15. *Grammatophora angulosa* Ehr., girdle view. Apical axis 33 μ.

Fig. 16. *Rhaphoneis surirella* (Ehr.) Grun. Apical axis 52 μ.

Fig. 17. *Mastogloia wrightii* O'Me. Apical axis: a, 25 μ; b, 23 μ.

Fig. 18. *Trachyneis aspera* Ehr., a, var. *intermedia* Grun., b, var. *neumayeri* Janisch Apical axis: a, 95 μ; b, 160 μ.

Plate II



茨城県に於けるアワビ産卵期*

猪野　峻・原田和民**

茨城県沿岸の大半は砂浜で，アワビの生産地は主として北半の那珂・久慈・多賀の3郡となつている。この区域は海底に岩盤が暗礁として沖合まで発達し，古来乾鮑の産地として著名であつたが，第一次大戦時における火薬原料としてのアワビ餌料褐藻の濫採や磯焼などの原因で産額が著しく減少し（猪野 1937），爾後投石・移殖・岩面爆破等の手段により鋭意海藻相の増殖を図り，以つてアワビ増殖に資そうと努力しつつある。

茨城県のアワビについては 1908 年田子が自ら潜水して海底におけるアワビの生態や漁場の状態を観察した結果や産卵習性について報告している外（田子，1910），県水産試験場から若干の断片的報告があるに過ぎない。

著者等は 1953 年 6 月以降約 1 年に亘り 1～2 カ月毎に前後8回に亘り大津港地先の漁場で採取した材料について生殖腺熟否の季節的変化を調べたので，その結果について報告する。材料入手について絶大なるご援助を賜つた茨城県水産試験場の藤本武技師及び大津港漁業協同組合採鮑組の方々に深甚なる謝意を表する。又資料の整理や組織学的研究に協力された服部英彦・長川道徳両氏，写真撮影に助力頂いた本所の竹村嘉夫技官に対し厚くお礼する次第である。

材料及び方法

用いた材料の大きさ・個数・性別などは第1表の通りである。本県のアワビの種類は大部分クロアワビ（*Haliotis discus* Reeve）で，沖合に稀にマダカ（*Haliotis gigantea* Gmelin）を産するが，本研究では前者のみを対象とした。一部潜水機でとられているが殆んど裸潜採捕である。単価の高いこのような種類では個体数が不十分であるが，そのために推定の困難な点については将来の機会における重点的詮索に俟ちたいと考える。採集した材料は貝殻の各部測定と全重量測定後，内臓部・貝殻・筋肉部と3部に分けて別々に重量を測定した。ここにいう内臓部とは肉を貝殻から離した後，足部と動物体中央の大きい筋肉（右貝殻筋）を除いた部分で，口腔部を除いた消化管の大部分と生殖腺及びこれらを包む表皮を含んでいる。内臓部から肝臓・生殖腺を含んだ角状突起のみを切り離して，これを Bouin 氏液で固定後生殖腺の熟否判定に供した。

第1表 供　試　材　料

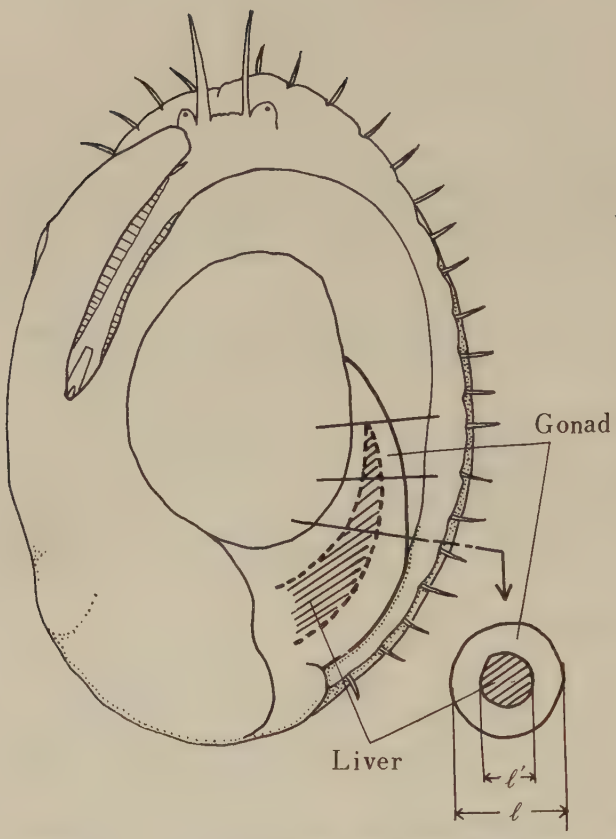
Table 1. Materials.

月　日 Date collected	殻長の範囲 Shell length (cm)	個数 No. of materials	性別 (Sex) ♀	♂	?
June 14 1953	9.4 ～ 10.2	5	2	3	0
Aug. 21	7.4 ～ 12.1	17	6	8	3[1]
Sept. 23	10.3 ～ 13.6	15	5	10	0
Nov. 1	8.1 ～ 12.8	16	12	4	0
Dec. 24	7.4 ～ 13.6	21	15	3	3[2]
Jan. 16 1954	6.7 ～ 13.4	17	11	4	2[3]
April 28	9.1 ～ 13.1	15	9	6	0
May 31	8.9 ～ 14.2	20	10	10	0

1] 殻長 7.4 cm 9.5 cm 及び 11.3 cm,　2] 7.4 cm 8.2 cm 及び 10.6 cm,　3] 6.7 及び 7.0 cm

* 1961 年 4 月 21 日受理，東海区水産研究所業績　A第 149 号

** 元茨城県水産試験場



第 1 図 アワビの貝殻を除き生殖腺・肝臓の位置を示す

Fig. 1. Dorsal view of animal. Upper part of conical appendage have been removed to show liver and gonad.

アワビの生殖腺は第 1 図の通り肝臓をとりまいて表皮との間に発達し，全体が体の後部からゆるやかに彎曲した牛角状の突起として右貝殻筋の右側後半部に位置する。生殖腺は主として角状突起の表皮と肝臓の間に血管網状に分岐して発達し，生殖素は生殖腺の各区画内にブドウの房状に発達するが，成熟した卵粒は卵巣から離脱して漸次生殖口に通ずる腺に流入し生殖口から呼水孔を通じて外部に放出される。普通生殖腺の熟否は，生殖腺肥厚の状態や卵の顕微鏡的所見から判断して熟・稍熟・未熟などの抽象的区分によつて示されているが，この方法では熟度の量的変動を比較することが困難なので，次のような方法を取つた。

角状突起の横断面を見ると，中心を占める肝臓部と周囲の生殖腺が略正円の明らかな一線で画されていて，成熟の度合が高ければ，相対的に肝臓の占める割合が小さくなり，全然未成熟の場合は断面全体が肝臓で占められ表皮の直下に肝臓が見られることになる。

このようなことから肝臓部と生殖腺部の径の比によつて熟否を量的に示し得ると考え，各個体についてこの値を次のように示した。

$$\frac{l-l'}{l'}\times 100$$

(l 及び l' は第 1 図参照)

測定断面は角状突起の先端から後方に大体 1 cm, 2 cm, 3 cm (大きい個体では時に 4 cm) の位置とし，これ等の値の平均値を以つてその個体の熟度とした。成熟した個体では，凡そ先端から 1 cm 位までは生殖腺のみで肝臓を欠き，逆に 3～4 cm の範囲を過ぎると，生殖腺は肝臓のみならず胃部をも蔽つてかなり不斉的に消化管の間隙を塡充して発達した形となり，単純に測定が出来なくなる。この値は産卵終了後，角状突起が肝臓のみとなつたときには $l-l'=0$ となり，熟度は 0 となり，成熟した場合には最高 59.6% という数字を示した。これらの値はアワビ生殖腺熟否の肉眼的並に組織学的検鏡の所見とよく一致し (Fig. 4)，熟度を具体的に示す適当な方法と考えられるので，成熟度係数 (Coefficient of maturity) と称することを提唱する。

組織学的検査のためには熟度の判定に供した Bouin 固定の生殖腺の一部を，常法で Paraffin 切片となした。Delafield haematoxylin と Eosin の複染を行つた。熟否は卵径のみならず染色の状態から容易に判ることは既報の通りで (猪野 1952)，未熟卵は好塩基性で前者によく染まり，成熟卵は好酸性で後者によく染まる顆粒が瀰漫している。

研　究　結　果

1. 生殖腺熟度の季節的変化

生殖腺の成熟度係数を各月毎に殻長 9 cm 以上の個体について示せば，第 2 表の通りである。

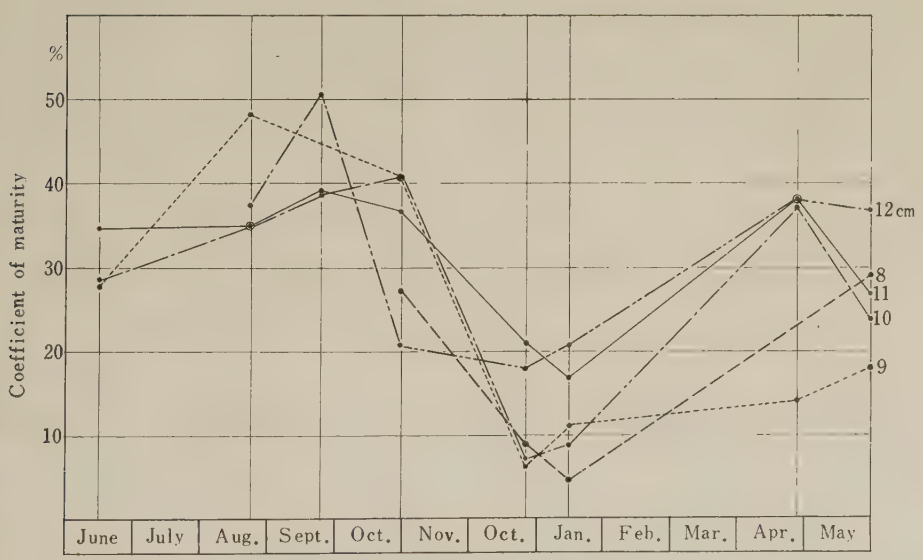
又この結果を殻長別に図示すれば，第 2 図の通りである。これらの図表で判る通り 9 cm 以上の個体であれば，殆んど周年性別の判定が可能な程度に生殖腺が発達している。12 月 9.2 cm の個体で僅かに 1 個，熟度 0 のものを認めたが，それでも雌であることは識別出来る程度であつた。

成熟度係数は第 2 図の通り季節的に変動し，9 月以降 11～1 月に低下し，平均値は 12 月に最低値を示すが，4 月には既に生殖腺が肥大し殻長 9.1 cm のものでも 23.5% の値を示す個体があり，10 cm 以上では 18.0～57.3% 平均 38.0% を示した。爾後上昇して 9 月には年間の最高を示し，平均 40% に達した。

第 2 表　成熟度係数の月別変化

Table 2.　Monthly change of coefficient of maturity.

月 Month	最大値 Maximum	最小値 Minimum	平均値 Mean
June	38.4	5.6	31.2
Aug.	51.9	14.6	36.6
Sept.	59.6	27.1	40.0
Nov.	46.5	16.0	36.3
Dec.	30.3	0	10.1
Jan.	28.5	7.4	17.2
April	57.3	4.5	34.7
May	49.0	7.0	28.3



第 2 図　成熟度係数の季節的変化

Fig. 2.　Seasonal change of coefficient of maturity.

2. 生物学的最小形

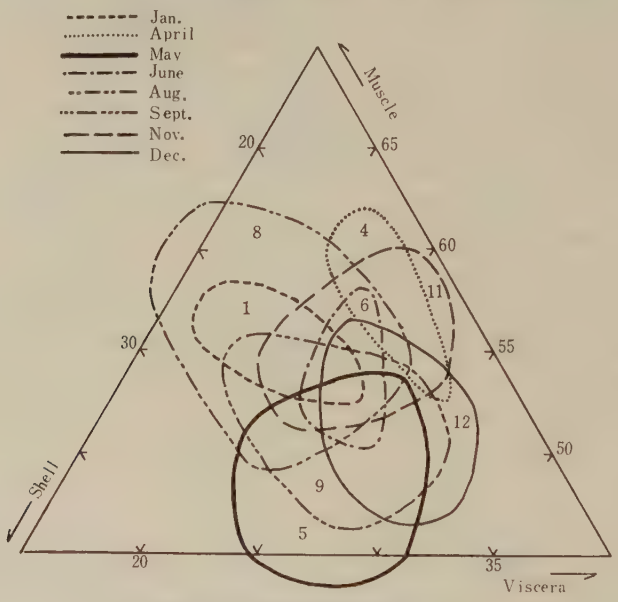
第2表で判るように 9 cm 代でも生殖腺は成熟し，6 月の平均成熟度係数は 28.3%，8 月 48.6%，11 月 40.3%，12 月 6.4%，1 月 10.9%，4 月 14.0%，5 月 18.2% で，それ以上の大きさのものと略，同傾向で，産卵期においてのみ数値の著しい低下を示し，産卵前の 11 月では殻長 9.75 cm の個体で 52.5% に達するものもあつた。

9 cm 以下のものは材料が少いので断定的なことはいえないが，11 月殻長 8.1 cm (♂) の個体が 27.6%，12 月の材料では 5 個体の内 8.0 cm のものが 22.8%，8.3 cm 及び 8.6 cm のものが夫々 4.3%・8.9% で，7.4 cm 及び 8.2 cm のものが性別不能で 0% を示した。以後 1 月の材料で 8.1 cm のものが 4.6%，7 cm 以下の 2 個体が 0%，5 月のものでは 8.9 cm の個体が 29.2% を示した。これらの結果から生物学的最小形は殻長 8 cm 位と考えてよいように推察される。

3. 体重の部分別組成の変化と生殖腺熟度との関係

生鮮の状態で貝殻・内臓嚢及び筋肉の 3 部分に分けて重量を測定し，全重量に対する夫々の重量の割合をとり，月別に各個体の組成が示す値を三角座標にとれば第 3 図の通りである。

生殖腺はこの場合内臓嚢中に含めて重量が測定され，座標上の点が示されているので，この図に示された月別変化については今後における環境条件特に餌料海藻相の状態や食性の季節的変化などともあわせて考究



第 3 図　重量組成の季節的変化

Fig. 3. Diagram showing the relation between shell weight, visceral weight and meat weight in various month.

されねばならないが，分布の中心をとれば重量組成は大約貝殻 23.5%，内臓部 23.0% で，主として食用となる筋肉部が 53.5% を占めることとなる。

千葉県産のクロでは，大体貝殻 29%，内臓部 23%，筋肉部 48% が平均的な組成でこれに比すれば茨城県産のものは可食部が多く貝殻が薄いのが特徴であるといえる。

第 3 図で見る通り変異の幅は貝殻において少く，生殖腺と筋肉部に多い。

各月で重量組成の変動を見ると，産卵前 8 月には筋肉の割合が多いが内臓の割合少く，産卵後期の 12 月には筋肉の割合は少くてむしろ内臓量が多い。生殖腺の熟度は 8 月～11 月に多く 12 月に略最低なので，

内臓部重量の大部を占める肝臓の重量からすれば8月には比較的小さく，12 月には肝臓が肥大していることを示すのではなかろうか。

また，第 2~3 図における 4~6 月の傾向と 11~1 月の傾向を比較すると，4 月から 5 月にかけて若干の産卵が行われるのではないかと推察される。即ち，成熟度係数からして 4~5 月に 8~9 cm 代の若小個体を除いては減少の気味を見せ，体重組成（第 3 図）の点から見ると，12 月と 5 月ではその点の分散が類似し 5 月の方が稍貝殻の割合が大きく肉量が少いに過ぎない。そしてこの両月を中心とする前月即ち 5 月の場合の 4 月→5 月→6 月の変動と，12 月を中心とする 11 月→12 月→1 月の変動も類似している。後者は間違いなく主たる産卵期であるが，これと傾向を同じくする前者においてある程度の産卵が行われることは十分あり得るのではなかろうか。

4. 生殖腺の組織学的所見の季節的変化

前述した所により 11~1 月が主たる産卵期であることは確実であるが，生殖腺の組織を比較すると，11 月では成熟卵をもつたものが多いが（Fig. 4, No. 1），卵巣の一部空虚となり明らかに産卵後の個体を認める（Fig. 4. No. 2）。特異なことは，この状態で既に明らかに次期の産卵期に備えての卵粒を含むことである。1 月ではこの未熟卵に優占された卵巣をもつものが多く，成熟卵の若干残存する形のものが混ずる程度である（Fig. 4. No. 3~5）。これらの事実から判断すると，産卵は略 9 月下旬から始まり 1 月下旬に及ぶと思われる。

第 2 図によると成熟度係数は既に相当に上昇して生殖巣の成熟を示しているが，組織的にも完全成熟の個体が多く，5 月の材料（Fig. 4, No. 6）では明らかに産卵後で一方に多数の未熟卵を含むものを認め，秋期のみならずこの頃にも若干産卵するらしいことを推定し得る。

考　　察

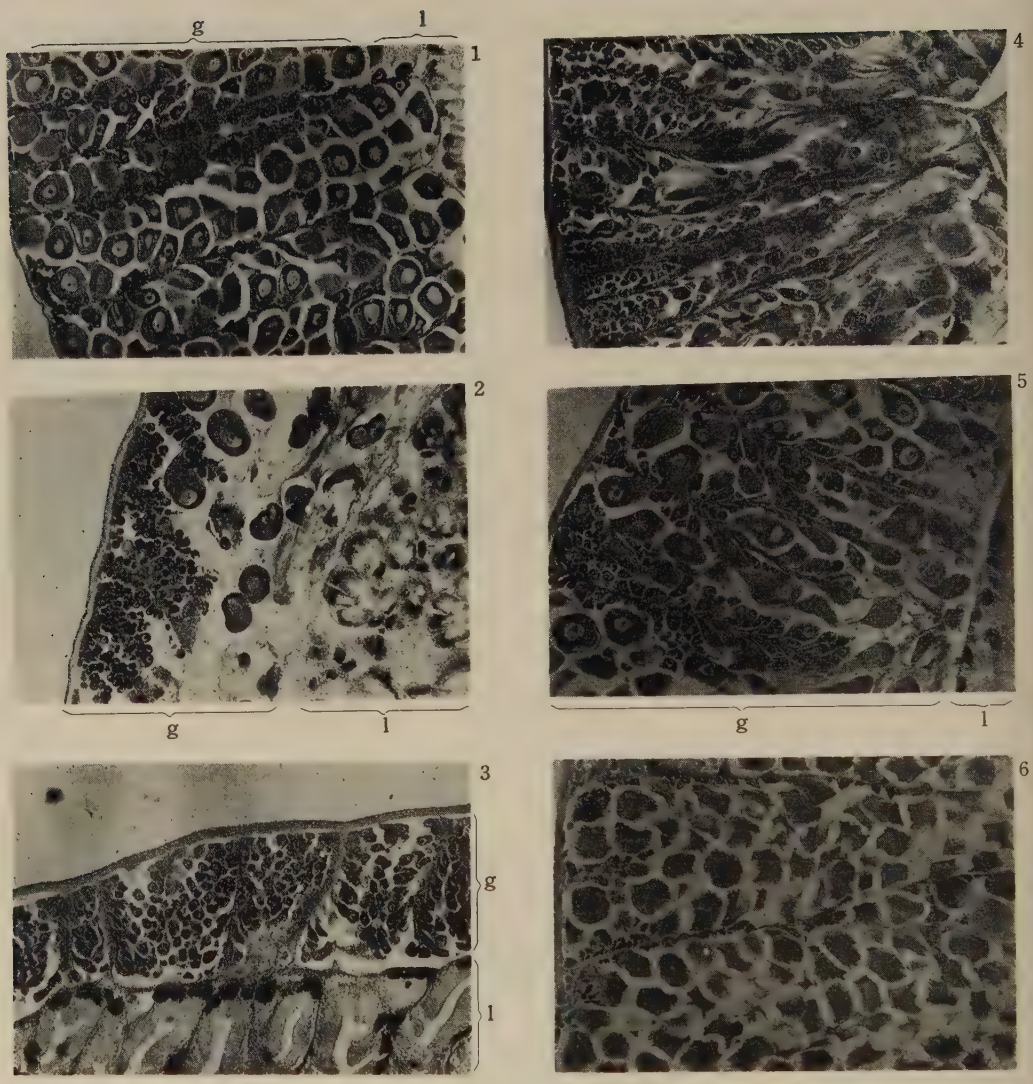
程度の差こそあれ殆んど周年生殖腺の発達を見ることは極めて特異な現象で，太平洋岸では千葉県以南に主として分布する暖流系のマダカ・メガイ・クロなどでは 10~12 月の産卵期においてのみ生殖腺が成熟し，この時期を過ぎれば翌年秋頃までは性別の判定さえも困難なのが普通である。茨城県以北の宮城県についても（宮城県水試 1917 ?），岩手県についても（広瀬 1953，青沼 1953）このような現象は認められていない。第 2 図でみられるように 11 月から 12~1 月にかけての熟度の激減は明らかに放卵放精の現象を示すが，その時期において既に卵胞上皮から次期産卵期の卵胞が生成されていることは注目に値する。

主産卵期を過ぎると，4~6 月にも産卵する可能性のあることを述べたが，この現象については，同じく茨城県大津産のアワビについて生殖腺の熟否を検した田子（1910）も「鮑の生殖腺は極めて長期間に亘り漸次徐々に成熟するものにして鮑の個体の大いさ即ち鮑の年令及び棲息の場所によりては既に早春 4 月の候熟卵を有するものを見ることあり」と記載している。本研究の結果からすれば，4 月の熟度は 8 月又は 11 月の結果に匹敵し，田子の指摘した以上に普遍的な事実と認められる。

茨城県の禁漁期は 10 月 16 日から翌年 4 月 30 日までの 6 カ月半で，抱卵期が特異的に長期に亘るとしても，その大半を禁漁期が占めることとなり，裸潜による採捕の可能な高水温期のみが採捕期として解禁されていることとなる。漁業規制としは遺憾ないものといつてよいが，更に漁獲高の減少傾向を示すとするならば，各組合毎に統制ある口開制度をとるなど更に特別な考慮をはらうことも必要となろう。

生物学的最小形が 8 cm 位と考えられることが判つたが，本県の漁業調整規則による制限体長は 11 cm で，この点についても妥当なものといえる。

この研究のために用いられた成熟度係数は熟度の変化を極めて具体的に示すもので組織学的所見の変化ともよく一致し，本属又は近縁の種族の生殖腺熟度を示す場合に応用出来ることが判つた。



第 4 図 卵巣の組織学的所見 (g…卵巣, l…肝臓)

1 1953 年 11 月 1 日採取, 殻長 11.6 cm (No. 4), 成熟度 46.5
2 〃 〃 , 〃 11.5 (No. 3), 〃 22.7
3 1954 年 1 月 16 日採取, 殻長 11.8 (No. 7), 成熟度 8.5
4 〃 , 〃 12.7 (No. 8), 〃 24.3
5 〃 , 〃 12.4 (No. 9), 〃 28.5
6 1954 年 5 月 31 日採取, 殻長 8.9 (No. 20), 成熟度 29.2

Fig. 4. Photomicrographs of gonad of *Haliotis discus* collected off Otsu, Ibaragi pref. g…gonad, l…liver.

1. 11.6 cm long on Nov. 1 1953, coefficient of maturity (c.m.) 46.5,
2. 11.5 cm long on Nov. 1 1953, c.m. 22.7,
3. 11.8 cm long on Jan. 16 1954, c.m. 8.5,
4. 12.7 cm long on Jan. 16 1954, c.m. 24.3,
5. 12.4 cm long on Jan. 16 1954, c.m. 28.5,
6. 8.9 cm long on May 31 1954, c.m. 29.2.

文　　献

猪野　峻 (1937): 鮑の繁殖保護に関する事例，養殖会誌 7 (7～8) pp. 145–148.
――― (1952): 邦産アワビ属の増殖に関する生物学的研究，東海区水産研究所研究報告 No. 5, pp. 1–102.
田子勝弥 (1910): 鮑の調査，大日本水産会報 No. 336, pp. 13–17.
宮城県水産試験場 (1917 ?): 魚介類産卵期調査，宮城県漁業基本調査報告第 6 巻 pp. 115–119.
広瀬敏夫 (1953): 岩手県産えぞあわびの生態について，岩手県産鮑調査報告第 1 号 pp. 1–14, 岩手県水試.
青沼　巌 (1953): 同上　第 2 号 pp. 1–16, (謄写版).
宮下一郎 (1895): 仙台地方貝類産卵期第 1 回報告，水産調査調査報告第 3 巻第 1, 2 冊 pp. 27–116.

On the Spawning of Abalone in the Vicinity of Ibaragi Prefecture

Takashi Ino and Kazutami Harada

Synopsis

A fishing village, Otsu-ko located 182 miles north of Tokyo was recognized as a famous ground, exporting dried abalone to China until the end of the World War I. Since then the fishermen's co-operative association in this village has been anxious to recover from poor production which resulted from over-harvesting of kelp, an important food for abalone, during the World War I. As part of basic research toward repropagation, the writers examined the spawning habits of the abalone, *Haliotis discus* which is commercially the most important species in this vicinity. Data was taken eight times during the period June 1953 to May 1954 as shown in Table 1.

To indicate the maturity of the gonad, the following value was used.

$$\frac{l - l'}{l} \times 100$$

(l indicates the diameter of the transverse section of the conical appendage, including the liver and the gonad, preserved in Bouin's solution. l′ indicates the diameter of the liver only in the same phase as shown in Fig. 1).

These values seem to show change in the maturity of the gonad quite accurately, in the reference to the histological study of the gonad accompanied. Almost all the year round, the gonad of their adult individuals has been found to have ova or spermatozoa as shown in Fig. 2. Calculations with the foregoing formula disclosed that a certain degree of maturity is in existence, although decreases in maturity were indicated during their spawning season extending from December to January as shown in Table 2 and Fig. 2.

The biological minimum size is estimated at 8 mm in shell length based upon the examination of younger materials. Weight composition of their shell, visceral mass and muscle, shows on the average 23.5%, 23.0% and 53.5% respectively. Seasonal change of this value is shown in triangular graph, Fig. 3.

Comparing this value with the abalone in Chiba Prefecture, south of this district, the abalone in this vicinity has a thinner shell and more meat. Based upon this seasonal comparison of the weight composition of the viscera and the histological studies shown in Fig. 4, the writers believe that the spawning season of this abalone is quite longer in this vicinity than the season reported previously for the abalone in other vicinities and they spawn here at least twice a year, in spring and in winter, the latter being the main spawning season.

産業廃水の有害成分の推定—I
都市ガス工場のガス液について*

田端健二・深井麟之助

1. 緒　　言

産業廃水の有害成分は業種により千差万別である上，水中で種々の存在形態を示したり，互に拮抗作用・相剰作用を呈することがあるので，その毒性は一層複雑になる。このため従来より，これら廃水の水棲生物に及ぼす有害性は，廃水そのものの bioassay によつて，綜合的に論じられるのが普通であつた。しかしさらに一歩進めて，廃水に pH 変換・蒸溜・抽出等の処置を施し，その際の毒性の変化を bioassay で追究することによつて，廃水中にいかなる種類の有害成分が含まれているか，そのうちで最も有害な成分は何か等を推定することは，廃水の有効な浄化方法やその許容稀釈度を考慮する上に有意義であると考えられる。このような見地から，まず著者等は対象産業廃水として都市ガス工場のガス液をとりあげた。

数年来，都市ガスの製造方式には大きな変革が起こり，その原料は石炭・コークスから，原油・L.P.G.・天然ガスへと移行する過程にある。しかしながら，まだ石炭乾溜方式が過半数を占め，その代表的な廃水として，乾溜中に溜出するガス液がある。従来より，ガス液の主なる含有成分はアンモニア・硫化物・シアン化物・フエノール類等であることが，化学分析によつて知られているので，これら諸成分のうちで，水棲生物に対して何が最も有害かを明かにすることを目標とし，若干の検討を加えたので，その結果を以下に報告する。

2. ガス液の組成

ガス液の組成は，使用炭種・炉の形式・冷縮洗滌の方式によつて多少異なるといわれる。著者等はコークス炉より溜出した直後の粗ガス液を採取し，冷却後，沪紙を用いて固型タール分・油・懸濁物質等を除去し，その沪液についてただちに諸成分の分析を行なつた。その結果を第1表に示すが，これらは鈴木[1]の値と大略一致している。第1表には約2週間の間隔で前後2回採取した試料の分析値を載せてあるが，両者を比較すると，含有成分の濃度は若干変動しているけれども，各成分相互の割合はほぼ等しいとみてよい。

Table 1. Chemical components of gas liquor.
第1表　ガス液の分析値

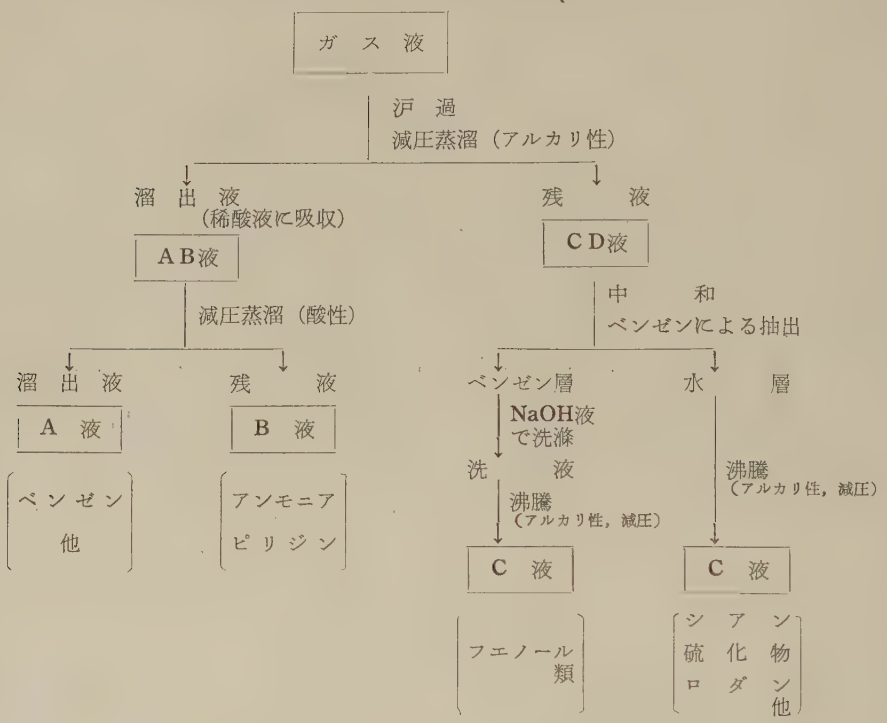
分析項目 ＼ 採水別	第1回 (1960. 5. 31)	第2回 (1960. 6. 13)
pH	—	9.6
アンモニア (NH_4 ppm)	4,880	4,580
シアン化物 (CN ppm)	—	265
硫化物 (S ppm)	—	400[1]
フエノール類 (C_6H_5OH ppm)	4,310	3,410
C O D (O_2 ppm)	9,970	7,890

なお，シアン化物の定量方法[2]は，試水中の硫化物を炭酸鉛の添加により沈澱除去せしめたのち，水銀塩，マグネシウム塩を触媒として，硫酸々性で還流蒸溜を行ない，その溜出液を硝酸銀溶液で滴定したものである。またフエノール類[3]は，試水のベンゼン抽出分に附加せしめた臭素量より求めたものである。

* 1961年6月6日受理，東海区水産研究所業績A第157号。

3. 含有成分の分別方法

以上のような諸成分を含有するガス液を，第1図に示した操作によつて，A～Dの4分劃に分けた。すなわち，沪過したガス液を苛性ソーダ液を用いて強アルカリ性にしたのち，50°C で減圧蒸溜を行ない，溜出液と残液とに分別した。そして前者は酸性減圧蒸溜によつて溜出液（A分劃）と残液（B分劃）とに分け，後者はベンゼンによる抽出部分（C分劃）と残液（D分劃）とに分別した。



第1図 ガス液の分別法

Fig. 1. Schematic representation for fraction of gas liquor.

Table 2. Main chemical component of each fraction separated from gas liquor.

第2表 分別液の分析

〔使用したガス液は第2回採水の分〕

液種	分析項目	分析値
A分劃	C O D (O_2 ppm)	48
B分劃	アンモニア (NH_4 ppm)	4,340
	C O D (O_2 ppm)	186
C分劃	フエノール類 (C_6H_5OH ppm)	3,400
	C O D (O_2 ppm)	5,680
D分劃	シアン化物 (CN ppm)	110
	C O D (O_2 ppm)	2,000

各分劃に含まれる主要な成分としては，A分劃がベンゼン・その他の揮発性成分，B分劃がアンモニアの他にピリジン等の有機塩基，C分劃がフエノール類，D分劃がシアン化物・硫化物・チオシアン化物等と考えられる。

このような方法で分別を行なつた場合，ガス液の含有成分がその毒性を変ずることなく，目的とする分劃に分けられたか否かが問題になる。そこで第2表に示すように，主要な含有成分の移行を化学分析で追つたところ，シアン化物の分別に若干の疑念を残すが，その他の成分はほぼ目的通りに分別できたことを確認した。

4. 有害性の bioassay

1) **方法**；都市ガス工場は大量の石炭を原料とする関係上，船便のきく海岸地域に設立されるのが普通であり，このため沿岸海産生物に対する害作用が問題になる。海産生物に対するガス液の有害濃度に関しては，大久保[4]の研究がある。これによれば，ガス液の 0.1～0.01% 稀釈液でムラサキウニ及びマガキの卵発生が阻害されるという。

著者等は bioassay の供試生物に，海産種である *Artemia salina* の孵化後 48 時間幼生を用い[5]，その 24 hr. TLm で各分劃の毒性を比較した。実験は水温 20°C で，窓際の室内光線下で実施した。なお，ガス液は多量の弱酸・弱塩基類を含むために，その pH 値(9.6) に比較して，非常に高い Alkalinity (115 m eq/*l*) を示す。しかし，大量の海水による稀釈を考慮すると，ガス液の流入が海域の pH に大きな変化をもたらすことは考えられないため，一応沿岸海水の pH 8.2 における各分劃の毒性を検討した。

2) **結果**；このような方法により，ガス液(原液)とその分劃の毒性を求めた結果を第3表に示す。各分劃の容量は分別に使用した原液の容量と等しく調整し，その稀釈率(%)で 24 hr. TLm を表現した。この他に各分劃間の毒性の強弱を比較するため，原液の毒性を1とした際の各分劃の毒性の割合を両者の TLm の比より求め，その値を表中に記した。

実験結果によれば，原液(COD 7,890 ppm)の 24 hr. TLm は 0.60% である。また各分劃のうちでは，A，B分劃の毒性は僅少で，それぞれ原液の毒性の 1%，3% を呈するにすぎない。これに対し，C分劃は原液の 28%，D分劃は 30% の毒性を占めることが判明した。同時に，第3表の下部に示すごとき分劃間の等量混液を作製し，その拮抗作用，相剰作用を検討したが，顕著な作用を認めえなかつた。

この他，参考のため主要な含有成分に関し 24hr. TLm (ppm) を求め，第4表に記載した。

3) **考察**；以上の結果から，ガス液の毒性の主体はC，D分劃に存在し，A，B分劃の毒性は僅少であるといえる。なお，第3表に示した各分劃の毒性の総和は，原液の毒性に比べ，幾分少ない。各分劃間に著しい相剰作用が認められないので，この毒性の減少は，分別操作中のシアン化物の減少（第2表）と関連があると推察されるが，その詳細は目下のところ明かでない。

次に各分劃中の有害成分に関して検討を加えてみると，まず，B分劃の有害成分としてアンモニアの他に，ピリジン等の有機塩基類

Table 3. Toxicity of the total and fractionated gas liquor to *Artemia salina.*

第 3 表　アルテミアに対するガス液並びにその分劃の毒性 (W.T. 20°C, pH 8.2)

液種	測定回数	24 hr. TLm (%) 範囲	24 hr. TLm (%) 平均	毒性の割合
ガス液(原液)*	7	0.44～0.89	0.60	1
→AB分劃	—	—	—	—
→A分劃	3	45～69	54**	0.01
→B分劃	5	12～25	20**	0.03
→CD分劃	4	0.68～0.87	0.80	0.75
→C分劃	4	1.8～2.8	2.1	0.28
→D分劃	3	2.0	2.0	0.30
AB＋CD	2		0.89	0.67
B＋C	3		2.3	0.27
B＋D	3		2.8	0.22

* 原液の COD；7,890 ppm
** 淡水混入率 20% 以下

Table 4. Median tolerance limit of toxic components exsisting in gas liquor for *Artemia salina.*

第 4 表　アルテミアに対するガス液中の有害成分の半数致死濃度 (W.T. 20°C, pH 8.2)

有害成分		測定回数	24 hr. TLm 範囲	24 hr. TLm 平均
アンモニア	(NH_4 ppm)	3	770～870	810
ピリジン	(ppm)	1		2,000
フエノール	(ppm)	4	172～300	210
シアン化物	(CN ppm)	1		1.0
硫化物	(S ppm)	2	20～29	25
チオシアン化物	(CNS ppm)	3	460～960	710

が一応考えられる。しかしながら，B分劃と等濃度のアンモニアを含有する溶液を想定し，その TLm を第2表及び第4表の数値から計算すると 19% であり，B分劃の TLm 20%（第3表）と概略一致する。従つて，B分劃の毒性の主体はアンモニアであり，その他の毒性は問題とならないことになる。なお，原液とB分劃では存在するアンモニウム塩の種類が相異するが，アンモニアの毒性の主体はアンモニウム・イオンと平衡関係にある非解離アンモニアである[6]から，両者の pH 値が等しければ，非解離アンモニア量もほぼ等しくなり，従つてアンモニアの毒性にはほとんど差がないと考えられる。

次に，フエノール類を含有しているC分劃の毒性（第3表）は，これと等濃度にフエノールを含有する溶液の毒性（第2表，第4表）の約3倍の強さを示している。これは，フエノール類として定量された成分のうちに，純フエノールよりも毒性の強い[7]種々のフエノール類が含まれているためと推察される。

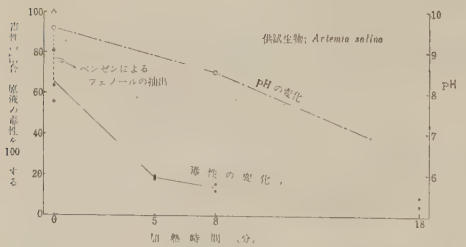
D分劃については，シアン化物・硫化物・チオシアン化物等の有害成分が考えられる。これらのうち，シアンの大半は鉄と結合して比較的毒性の弱い錯塩として存在すること[1]が知られており，このことはD分劃の毒性（第3表）がシアンの含有量（第2表）と致死量（第4表）から類推される毒性より弱いことからも了承できる。

なお，これまで検討を加えてきた毒性は，*Artemia salina* の 24 hr. TLm を指標としたものであるが，他生物の TLm や，嫌忌量等を問題にする際は，各分劃間の有害性の割合は相当変動することが予想され，今後この点に関する検討が必要である。特にガス液が水域に放流される際は，フエノール類やピリジン等が致死濃度よりはるかに低い濃度で水産物に臭味を附けること[7]，さらにフエロシアン化物が直射日光下での光分解によつて[7]，またチオシアン化物が微生物分解や微量の残留塩素との反応によつて[8]，シアン化水素を発生すること等は，考慮されなければならない点である。

5. 浄化方法の検討

ガス液の生成量は使用石炭の 7～8% に相当し，大規模の工場で 200 ton/day 程度である。この他に工場の総合排水には，ガス液の 100～1,000 倍量に相当する洗滌水や冷却水が含まれるけれども，ガス液のみの廃水量は比較的少量であるといえる。

ガス液の浄化方法としては，油・タール分・懸濁物質等を分離したのち，抽出や微生物酸化によりフエノール類を除き，さらに蒸溜によりアンモニアを除去することが一般に行なわれている。しかし多くの中小規模の工場では，これらの処理を行なわずに，単に多量の稀釈用水と合わせて放流する様式をとつている。



第 2 図 ベンゼン抽出分を除去したガス液を煮沸した場合の，毒性と pH の変化

Fig. 2. Change in the toxicity and pH during the time of boiling the residual gas liquor after the benzen extraction.

著者等の実験結果よりみれば，ガス液の有害成分は主としてフエノール類分劃と，シアン・硫化物分劃とに存在するから，有効な浄化方法としては，これらの成分を除去することに目標をおくべきである。著者等はベンゼンによりフエノール類を抽出後，アンモニアを蒸溜除去する処理方法を採用した場合の毒性の減少の模様を，*Artemia salina* の 24 hr. TLm を指標として追究した。この結果ベンゼンによる抽出で毒性が原ガス液の約 2/3 に，さらに煮沸により約 1/10 に減少したことを認めた（第2図）。煮沸処理による毒性の減少の主原因は，煮沸中に pH が 9.6 より 6.4 まで低下したため，アンモニアと共にシアン・硫化物分劃の有害成分も相当量除去されたためであると考えられる。

終りに臨み懇篤なる御指導を賜わつた東京大学松江吉行教授に感謝する。

6. 要　　約

（1） 都市ガス工場のガス液に各種の処置を施して作製した分劃の毒性を，*Artemia salina* の 24 hr. TLm を指標として追究した。その結果，毒性の主体はシアン・硫化物分劃とフエノール類分劃とに存在し，アンモニア分劃の毒性は比較的弱いことが判明した。

（2） ベンゼン抽出分を除去したガス液を，煮沸する浄化方法により，毒性が 1/10 に減少することを認めた。

7. 引 用 文 献

1) 鈴木精一： 用水と廃水, **2,** 10 (1960).
2) Standard Methods for the Examination of Water, Sewage and Industrial Wastes (10th Ed.) (1955).
3) 日本水道協会： 下水試験法 (1956).
4) 大久保勝夫： 日本水産学会昭和 36 年春期大会講演.
5) 大久保勝夫： 東海水研報, **18,** 31 (1957).
6) Doudoroff, P. and Katz, M.: Sew. and Ind. Wastes, **22,** 11 (1950).
7) ORSANCO: J. Water Poll. Cont. Feder. **32,** 1 (1960).
8) 鉱山保安局訳： カリフオルニア水質基準.

Systematic Studies on Toxic Components in the Industrial Wastes with Reference to the Tolerance of Aquatic Lives—I. Gas Liquor from City Gas Works

Kenji Tabata and Rinnosuke Fukai

Synopsis

It has been hitherto recognized that the mechanisms of resulting toxic reactions from industrial waste to aquatic lives are complicated, since the toxic components in the wastes are supposed to take various chemical forms when brought into environmental waters, exhibiting antagonism or synergism with each other. For this reason, when the tolerance of aquatic lives is discussed, it has been conventional to refer to the over-all toxicity on the basis of data obtained through bioassay, disregarding individual toxicity of waste components. In order to obtain a guide for purifying the wastes and determining a permissible amount of waste discharge, however, it should be essential to know what components are involved in toxic reactions and what is the most toxic among the components.

From these points of view the authors conducted a systematic study of the toxic components of gas liquor from city gas works. At first, the crude gas liquor was divided into four frections by means of pH-change, distillation and extraction (Fig. 1). Then the toxic components of each fraction and the degree of toxic reactions were estimated through the bioassay method using 48 hr-stage's larvae of *Artemia salina* for test animals. On these data an effective method for purifying the waste effluents was suggested and ascertained by simple experiments.

The results obtained were summarized as follows: 1. The main toxic components of gas liquor were found in the phenol fraction and the cyanide-sulfide fraction, while the toxicity of the fractions of ammonia-organic bases and aromatic hydrocarbons was insignificant (Tables 1 to 4). 2. The toxicity of gas liquor could be reduced by a factor of ten through extraction of phenol fraction with benzen, followed by boiling up the residual solution (Fig. 2).

トロールに関する研究—V*
トロール網の袖網間隔を測定する装置及びその計算式について

高山重嶺・小山武夫

緒　　言

模型実験によると，トロール網の網口の高さは左右袖網の展開距離によつて変化し，袖網の展開距離が大きくなると網口の高さは減少し，展開距離が小さくなると網口の高さは増大する事が判明している[1)2)]。従つて与えられた網については，その計画網高さに対応して最も適切な袖網間隔というものが存在するはずである。

従つて，例えばトロールの場合にはワープの展開角度を何度位にすると袖網間隔が適切になるか，又2艘曳の場合は両船間隔を，どの程度にすれば，袖網間隔が適切になるか，という問題は曳網漁業にとつて極めて重要な問題である。網口高さの測定についてはネツトゾンデ[3)]を始め，網高さ計[4)]等すでに 2，3 の計測器が完成し，最近では業界でも広く使用せられる様になつた。しかし，網成を決定する上で重要な基礎となる左右袖網の展開距離については未だ，測定装置がなく，研究も，ほとんど行われていない。よつて著者等は，まず 1) 両袖網間隔を測定する装置につき研究して，魚探機を利用するネツトソーナーを考案試作し，その性能実用性につき実地試験し，次に 2) 既報大型模型によるトロール網の網成りの観察の結果[5)]に基づき，ワープの長さ及び，その展開角度によつて両袖網間隔を計算にいつて求める方法につき研究した。

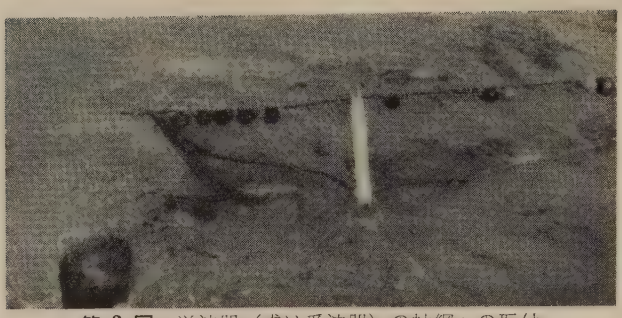
1. 著者等の考案したネツトソーナー

1-1. ネツトソーナーの構成及びその網への取り付け

著者等の考案にかかるネツトソーナーは，その原理は極めて簡単で，左右袖網の先端に魚探機の送波器及受波器を別々に取つけ，送波器から発振せられる水平方向の音波を受波器で受け，その到達時間によつて展開距離を測定しようとするものである。原理は簡単であるが実際問題としては，送受波器の付け方が問題である。著者等はこれについて工夫し，送波器及び受波器をそれぞれ，長さ 1 m，幅 10 cm の木製平板に固定し，送波器と受波器とが曳網中に一直線に向きあうように各袖網に装着した。(第1図及び第2図)

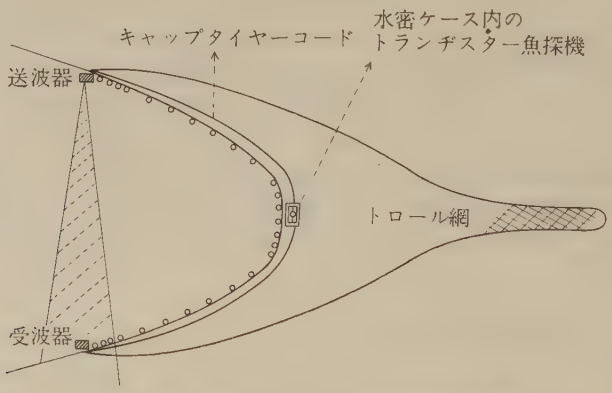
第 1 図　送波器（或は受波器）の袖網への取付

* 1961 年 5 月 30 日受理，東海区水産研究所業績A第 153 号。



第 2 図　送波器（或は受波器）の袖網への取付

このように配置した送波器及び受波器を第 3 図に示すように，キヤツプタイヤーコードにより，ヘツドライン中央部に取付けられた魚探機に連結した。魚探機はトランジスター魚探機（古野電気ＫＫ製 200 KC，大きさ 25 cm×10 cm×17 cm）を用い，これを 30 cm×15 cm×22 cm の水密ケースに納めた。（第 4 図）



第 3 図　ネツトソーナーの取付配置状態

第 4 図　ネツトソーナーのセツト

このネツトソーナーでは受波器は送波器からの直接波を受けるので，反射波を受けて記録することになつている普通の魚探機を用いる時は，袖網間距離は記録器上の読みの 2 倍である。

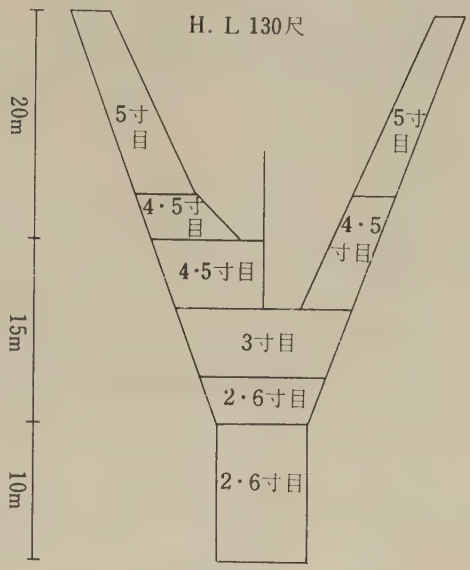
本装置における測定記録の精度は，実験に使用した魚探機が 200 KC であり，バイブレーターの指向角が半減半角 7 度である為，送波器及び受波器に多少でも方向のずれが生じ，一直線上に向き合わない場合は音

波の受信が困難になる。従つて，測定記録が安定して，鮮明な場合は，正確な値を示していると考えて，さしつかえないと思われる。なお，測定値の精度については，あらかじめ，当所実験水槽において予備実験を行い，ほとんど誤差がない事を確認した。

1-2. ネツトソーナーの性能に関する実地試験

昭和35年10月調査船天鷹丸（220トン，430馬力）によるトロール操業試験を行ない，その網に考案されたネツトソーナーを取付け，その性能について実地試験を行なつた。実験に使用した網は第5図に示す如く，ヘツドライン130尺トロール網（網の全長は 45 m，袖網からコツドヘツドまでの長さは35 m）オツターボードは調整式長さ 3.0 m，巾 1.4 m，ワープの長さは水深 30 m に対して 100 m，ハンドロープの長さは 60 m，ヘツドペンダント及びグランドペンダントは 6 m とした。

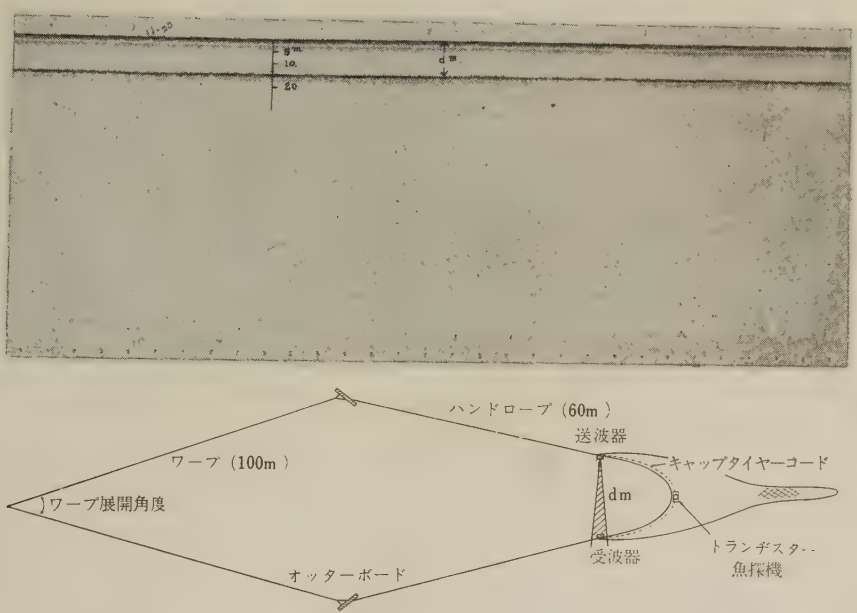
実験方法は曳行速度を 2.0～3.0 knot とし，それぞれのワープの展開角度を角測器で計測し，その計測時間と，揚網後，水密ケースから取出されたトランジスター魚探機の記録時間とを照合して，ワープの展開角度と袖網の展開距離の関係を求めた。



第 5 図　実験に用いたトロール網の寸法

1-3. 実験結果及びネツトソーナーの実用についての考察

実験結果をみると，鮮明かつ，安定な記録が得られた。曳網速度 3 knot においてのネツトソーナーの記録を一例として第6図に示す。



第 6 図　ネツトソーナーの記録

第 1 表 ネツトソーナーによる袖網間隔の実測値

曳網速度 v knot	ワープの展開角度 $\theta°$	袖網間隔の実測値 m
2.0	15	8.7
2.5	19	11.5
3.0	25	15
3.0	26	15

備考 実験に当つてのワープの長さは 100 m，ハンドロープは 60 m，ペンダントは 6 m

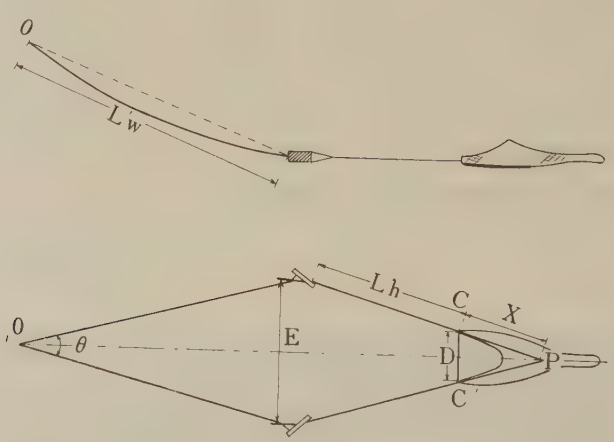
また，種々の曳網速度においての袖網展開距離の実測値は第 1 表に示す如くである。

記録は第 6 図にもみられる如く，常に鮮明であり，かつ，安定した状態でえがかれており，送，受波器の取付け方式は適切であると考えられ，本装置の実用性を確認し得た。

なお，この実験に装置したような方式では記録器は網に取付けられているので，船上では両袖網間隔を知ることはできない。しかし，これを既報のネツトゾンデ[3]の如く送受波器のみを網に取付け，記録器は，これを船上におくようにするならば，船上において刻々の網の展開の模様を知ることができ，それに応じて適当な措置をとり得るであろう。

2. トロール網の両袖網間隔を表わす近似式

第 7 図において



第 7 図 トロールにおける各部の符号

l_w'＝ワープ両端間の直線距離

θ＝左右両ワープの展開角度

とすると，両オツターボード間の距離 E は，

$$E=2\,l_w'\sin\frac{\theta}{2} \qquad (1)$$

である。又同図においてハンドロープの延長線と網の中心線との交点をPとし，CP の長さを X と表わし，

D＝左右両袖網の展開距離

l_h'＝ハンドロープ（ペンダントを含め）の両端間の直線距離

とすると，第 7 図における図形の関係から D は，

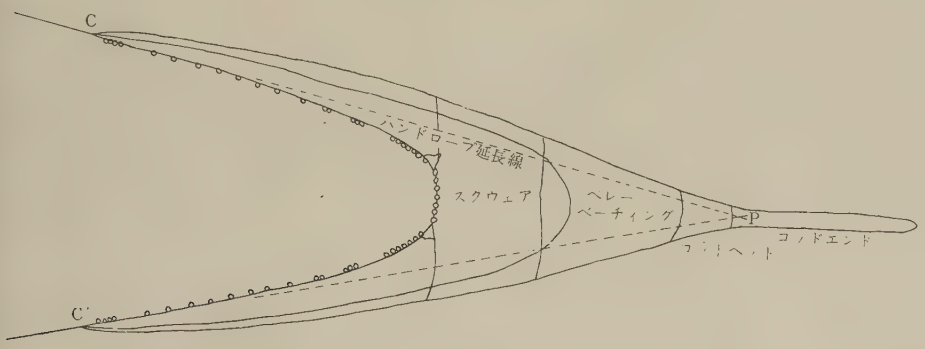
$$D=E\frac{X}{l_h'+X} \qquad (2)$$

と表わされる。よつて，（1）及び（2）式から D は

$$D=\frac{2\,l_w'X}{l_h'+X}\sin\frac{\theta}{2} \qquad (3)$$

と表わされる。

P点の位置はオツターボードの展開距離 E により異なるが，既報大型模型によるトロール網の網成りの観察[5]において得た写真により，網部の平面投影図を描くと第8図の如くであり，正常な曳網状態ではP点は，ほぼ，コツドヘツド附近にある。実際操業においておこるオツターボードの展開距離の変化の程度では，展開距離が変つても CP の長さはあまり変らないとみてよいと考えらそるので CP の長さ X は一定であり，袖網先端からコツドヘツドまでの長さに等しいとみなし，



第 8 図 トロール網の平面投影（大型模型実験[5]における網成写真の模写）

l_n＝袖網先端からコツドヘツドまでの網の長さ

とおき（3）式の X の代りに l_n を入れると

$$D=\frac{2\,l_w'l_n}{l_h'+l_n}\sin\frac{\theta}{2} \qquad (4)$$

となる。

ワープは網の抵抗を受けて，その長さの方向に引張られると共に自己の重量により下方にたるみをもち，一種の懸垂曲線状をとる。ハンドロープについても程度の差はあるが，同様のことがいえる。よつて

l_w＝ワープの長さ

l_h＝ハンドロープ（ペンダントを含め）の長さ

とすると，l_w 及び l_h はそれぞれ，l_w' 及び l_h' より大きく，

$$l_w'=k_wl_w$$

$$l_h'=k_hl_h$$

とおくと，k_w 及び k_h は共に1より小さい。しかし，網の抵抗はワープ或はハンドロープの重さにくらべて充分大きいから k_w 及び k_h の値は共に1に近いものである。

上の関係を（4）式に入れると D は，

$$D=\frac{2\,k_wl_wl_n}{k_hl_h+l_n}\sin\frac{\theta}{2}$$

と表わされる。これを簡単のため

$$D=k\frac{2\,l_wl_n}{l_h+l_n}\sin\frac{\theta}{2} \qquad (5)$$

と表わすと，k は上の両式から

$$k=\frac{k_w}{k_h+\dfrac{(1-k_h)\,l_n}{l_h+l_n}}$$

なる関係により表わされるが，k_h は1に非常に近い値であると考えられ，また $\dfrac{l_n}{l_h+l_n}<1$ であるから

$\frac{(1-k_h)l_n}{l_h+l_n}$ は k_h に比べて無視し得るものとすると，

$$k=\frac{k_w}{k_h}$$

と表わし得る。またワープの長さはハンドロープの長さに比べて充分大きいから $k_w<k_h$ であり，従つて $k<1$ である。また k_h は1に非常に近い値のものと考えられるから k は

$$k\fallingdotseq k_w<1 \qquad (6)$$

である。

k の値は（6）式に表わされる如く k_w にほぼ等しいから k の値はワープの長さ，その太さ，並びに，これにかかる張力（網の抵抗）により異るが，与えられた網では主としてワープの長さに関係し，ワープの長さが大なる程，即ち実際問題としては曳網水深が大なる程 k の値は小さい。

k の値は実験により定められるものであり，与えられた網について，その各種の曳網状態において，本報告に記すようなネツトソーナーを用いて，両袖網間隔 D を実測し，同時にそのワープの長さ l_w，ワープの展開角度 θ の測定値，並びに，その網についての l_h 及び l_n を用いて（5）式により k の値を求め得るかようにして k の値を求めておけば，ネツトソーナーを用いなくてもワープの長さ l_w 及びその展開角度 θ によりその時の両袖網間隔を（5）式により計算して推定することができる。

著者等が天鷹丸によつて行なつた実験においては漁場水深約 30 m に対して $l_w=100$ m とし，また $l_h=60+6=66$ m，$l_n=35$ m であり，これらの l_w，l_h，及び l_n の値を用い，曳網速度 $v=2\sim3$ knot において θ の測定値を用い（5）式により k の値を求めると第2表の如くである。

第 2 表 比較的浅い漁場（水深 30 m）の場合の k 値（天鷹丸の実験による）

曳網速度 v knot	ワープの展開角度 $\theta°$	ネツトソーナーによる両袖網間隔実測値 D m	$\frac{2l_wl_n}{l_h+l_n}\sin\frac{\theta}{2}$	k
2	15	8.7	9.05	0.96
2.5	19	11.5	11.45	1.00
3	25	15.0	15.0	1.00
3	26	15.0	15.6	0.96

このように比較的浅い漁場で，従つてワープの長さが比較的小さい場合は k は殆ど1に等しい。

要　　約

底曳網漁業において効果的な操業を行なうには，両袖網間隔を網口高さとの関係において最も適切な値に保つことが必要である。このため著者等は曳網中において両袖網間隔を測定する装置及び，トロール網についてワープの長さと，その展開角度により両袖網間隔を計算により求めるための式を導く事について研究し次の結果を得た。

1) 両袖網先端部に送波器及び受波器を別々に取付け，魚探機を利用して両袖網間隔を測定する方式を考案し，東京湾における調査船天鷹丸によるトロール操業試験においてこのネツトソーナーを用い，その性能と実用性につき試験した。その結果，両袖網間隔を鮮明かつ，安定に記録せしめることができ，このネツトソーナーの実用性を確認した。

2) 既報大型模型によるトロール網の網成観察の結果[5]に基づき，トロール網について両袖網間隔 D は近似的に

$$D=k\frac{2l_wl_n}{l_h+l_n}\sin\frac{\theta}{2}$$

と表わし得ることを導いた。ここに l_w=ワープの長さ，l_h=ハンドロープ（ペンダントを含む）の長さ，l_n=袖網先端からコツドヘツドまでの長さ，θ=ワープの展開角度とし，k は主としてワープの長さに関係する定数である。k は種々の曳網状態においてネツトソーナーにより D を実測し，その時の l_w，θ の測定値により上式により定められるものであるが，k は1より小さく，1に近い値のものである。

終りに当り，取まとめに当つて種々御教示を賜つた源生一太郎所長及び，実験に協力くだされた天鷹丸，末木信之輔船長及び乗組員諸氏，及び古野電気KK佐野豊の諸氏に厚く御礼申上げる。

文　　献

1) 野村正恒，安井達夫：底曳網の模型実験，日水誌 **18** (12) 1953.
2) S. Takayama, T. Koyama: Studies on Trawl Net—I. A Net-Mouth Stretcher Working on Kite Principle Bulletin of Tokai Regional Fisheries Research Laboratory No. 19 January, 1958.
3) 高山重嶺，小山武夫：中層トロールに関する研究—II　ネツトゾンデの試作実験結果について，東海区水研報告第29号昭和36年1月.
4) 葉室親正，石井謙治：新型網高さ計，網速度計，H.R. 及 G.R. 張力計とそれの二艘機船底網での実験結果，漁船研究技報第12号昭和33年10月.
5) 高山重嶺，小山武夫等：トロールに関する研究—III　大型模型による網成の観察，東海区水研報告第24号昭和34年6月.

Studies on Trawl Net—V

A Measuring Device and a Formula to Obtain the Opening Breadth of Wing Nets

Shigene Takayama and Takeo Koyama

Synopsis

For efficient towing of a trawl net, it is required to get full information about the form of the net under towing. In this concern a device has been designed to measure the opening breadth of the wings. The authors also worked on the geometric analysis of the plan view of the net to introduce a formula to estimate the distance between the frontal ends of the wing nets.

1) The device under report is a modified application of an ordinary echo sounder (fish finder) of supersonic wave. As seen in general arrangemet illustrated in Fig. 3, a supersonic wave transmitter is held at the frontal end of one of the wings face to face with a receiver on the opposite side so that the latter may always remain in the sound beam from the former. With this arrangement the distance between the frontal ends of the wings can be obtained on the recorder placed on the head line. Field experiments proved practicability of the device, the recorder giving a clear and stable indication of the required distance as shown in Fig. 6.

2) Based on observation of the plan view of a trawl net under towing in an experimental tank of the Laboratory, the authors introduced the following formula to estimate the distance D between the frontal ends of the wing nets.

$$D = k \frac{2 l_w l_n}{l_h + l_h} \sin \frac{\theta}{2}$$

where l_w = length of a warp paid out,
l_h = length of a hand rope,
l_n = length of the net measured between the frontal end of a wing and the cod head,
θ = angle subtended by the warps,
k = a constant depending on the length of the warp paid out; $k \leqq 1$.

Under towing conditions where the warp length is 100 m., depth of fishing ground about 30 m., and towing speed 2 to 3 knots, as in the present expreiments, the value of k is nearly equal to unity.

トロールに関する研究—VI*
縦型オツターボードと横型オツターボードとの性能の比較

高山重嶺・小山武夫

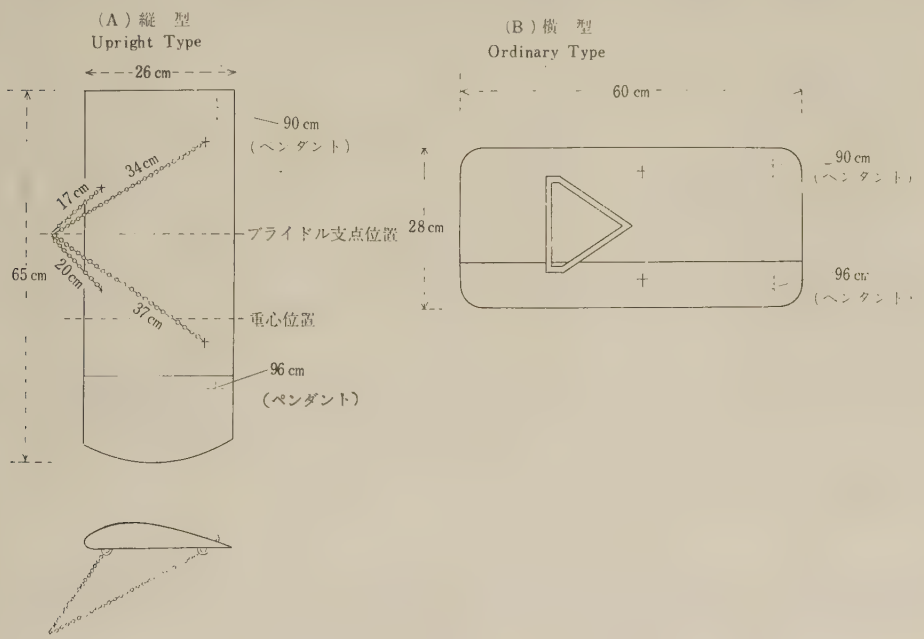
緒　　言

現在トロール漁業で普通に使われているオツターボードは横に長い長方形の平板であるが，縦横比，或はオツターの断面の形などを適当にすることによつてオツターボードの性能を改善し得ると考える。これについて，我が国では従来あまり研究されていないので，著者等は，先ず縦横比とオツターの性能との関係について一つの実験を行ない，その結果について若干の考察を行なつた。

1. 供試オツターボード及びその性能試験に使用したトロール網

供試オツターボードとしては縦に長い型のものと，普通の如く横に長いものとの2種をとつた。

実験は海上で模型実験として行ない，供試オツターボードに取付ける網としては，さきに著者等が既報[1]の大型模型による網成り観察及び，その抵抗性能について水槽実験を行なつた時に用いた模型網をそのまま用いた。この模型網は 135 尺トロール網を 1/5 に縮尺したものであるから，供試オツターボードも実物の 1/5 縮尺の模型とし，流圧を受けるオツターの面の面積は両型とも等しく 0.168 m^2 (実物では 4.2 m^2 に当る）とした。供試オツターの仕様は第1表及び第1図に示す通りであり，第2図にその写真を示す。



第1図 供試オツターボード

Fig. 1. Plan of the otter boards used in model experiments.

* 1961 年 5 月 30 日受理，東海区水産研究所業績A第 154 号

第 2 図 供試模型オツターボードの写真

Fig. 2. The otter boards used in model experiments.

第 1 表 供試模型オツターボードの仕様

Table 1. Specifications of the otter boards used.

	縦型 Upright type	横型 Ordinary type
縦寸法×横寸法 Height×Length	0.65 m×0.26 m	0.28 m×0.60 m
縦寸法／横寸法 Ratio	2.5	0.47
流圧を受ける面の面積 Area receiving resistance	0.168 m^2	0.168 m^2
断面形状 Cross sectional form	クラーク Y 型 Clark Y type	平板 Flat
空中重量 Weight in air	10 kg.	8 kg.
水中重量 Weight in water	6 kg.	4 kg.
重心の位置 Center of gravity	中心線より下方 7.5 cm 7.5 cm below the center line	中心線より下方 3 cm 3 cm below the center line
ブライドル支点の位置 Position of bridle hinged	中心線より上方 7.5 cm 7.5 cm above the center line	中心線上 On the center line
最大有効迎角 Optimal angle of attack	16°	38°

模型網及び模型オツターの寸法，重量などはすべて田内の比較法則[2]を満足するように定めた。

なお，縦型オツターは第1表に記す通り clark Y 型の翼断面をもつものとしたが，あらかじめ，試験水槽（長さ，50 m×幅 4 m×深さ 2 m）において，曳網試験を行ない，水中の安定度がよく，かつ，迎角がこの型のオツターでの最大有効迎角といわれる 16° 位に保たれるようにブライドルの取付け，及び重心位置などの調整を行なつた。

2. 実 験 方 法

実験は昭和 36 年 2 月下旬，東京湾，羽田沖の海底の平坦な所をえらび，内火艇 (5 トン 10 馬力) によつて行なつた。模型の縮尺度 $\frac{\lambda'}{\lambda''}=\frac{1}{5}$ に対して相当速度比を $\frac{v'}{v''}=\sqrt{\frac{\lambda'}{\lambda''}\frac{\rho'-1}{\rho''-1}}=0.488$ ととり (ρ' 及び ρ'' は模型及び実物網の網糸の比重) 実物網の曳網速度 2.0～3.6 knot に相当する曳網速度の範囲について実験した。また既報[3] の如く，同じ網でも漁場の水深に対してワープの長さ並びに曳網速度を適当に調節することにより，普通の底曳トロール網もこれを中層トロール網として使用し得ることがわかつているので，供試網を中層トロールとして曳網する場合についても実験した。

実験における諸条件は第 2 表に示す如くである。

第 2 表 曳 網 実 験 条 件

Table 2. Towing conditions.

	縦　型 Upright type	横　型 Ordinary type
漁 場 水 深 Depth of sea (A)	12 m	12 m
底　質 Bottom character	軟　泥 Soft mud	軟　泥 Soft mud
ワープの長さ Warp length (B)	(トロールの場合) 37 m (In bottom trawl) (中層トロールの場合) 24 m (In mid-water trawl)	(トロールの場合) 37 m (In bottom trawl) (中層トロールの場合) 24 m (In mid-water trawl)
B/A	3.1 and 2.0	3.1 and 2.0
ハンドロープの長さ Length of hand rope	18 m	18 m
曳 網 速 度 Towing speed	0.46 to 0.83 knot	0.46 to 0.81 knot
実物網での相当速度 Corresponding speed by actual trawling	2.0 to 3.6 knot	2.0 to 3.5 knot

実験においての主な測定項目及び，その測定用器具は次の如くである。

曳網速度 (網の水に対する速度) v　電気流速計 CM-3 型による。

ワープにかかる張力 T　ばね秤。

ワープの展開角度 θ
ワープの水面に対する傾斜角 α　} この実験のために特に作られた分度器による。

3. 実 験 結 果

実験結果は第 3 表に記す通りである。この表においては測定値を比較法測に従い実物網に対する値に換算* したものを示す。

第 3 表 実　験　結　果

Table 3. Value of various factors used or obtained in the experiments.

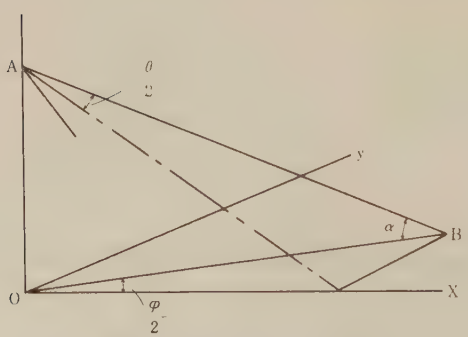
(A) トロールの場合　(A) Bottom trawling

縦型オッター Upright type				横型オッター Ordinary type			
曳網速度 v knot	ワープにかかる張力 T kg	ワープの展開角度 $\theta°$	ワープの傾斜角度 $\alpha°$	曳網速度 v knot	ワープにかかる張力 T kg	ワープの展開角度 $\theta°$	ワープの傾斜角度 $\alpha°$
2.0	1,100	24	19	2.0	1,200	14	19
2.2	1,260	〃	〃	2.2	1,420	〃	〃
2.4	1,420	26	〃	2.3	1,580	15	〃
2.5	1,630	〃	〃	2.6	1,800	16	〃
2.8	1,900	27	〃	2.8	2,100	〃	〃
3.0	2,100	28	〃	3.1	2,300	〃	〃
3.2	2,300	30	〃	3.2	2,630	〃	〃
3.3	2,510	〃	〃	3.4	2,740	〃	〃
3.5	2,710	〃	〃	3.5	3,050	17	〃

(B) 中層トロールの場合　(B) Mid-water trawling

縦型オッター Upright type				横型オッター Ordinary type			
曳網速度 v knot	ワープにかかる張力 T kg	ワープの展開角度 $\theta°$	ワープの傾斜角度 $\alpha°$	曳網速度 v knot	ワープにかかる張力 T kg	ワープの展開角度 $\theta°$	ワープの傾斜角度 $\alpha°$
2.0	1,370	20	26	2.0	1,260	10	25
2.2	1,500	22	〃	2.2	1,470	11	〃
2.4	1,680	〃	24	2.4	1,630	〃	23
2.6	2,000	24	〃	2.5	1,940	12	〃
2.8	2,260	〃	22	2.7	2,160	〃	22
3.1	2,520	26	〃	3.0	2,420	〃	〃
3.2	2,740	28	〃	3.2	2,740	〃	〃
3.4	2,940	〃	20	3.3	2,780	13	20
3.6	3,160	〃	〃	3.5	3,050	〃	〃

横型網及び実物網の張力をそれぞれ T' 及び T'' とすると $\frac{T'}{T''}=\left(\frac{\lambda'}{\lambda''}\right)\left(\frac{v'}{v''}\right)^2$



第 3 図　θ, α, φ の図解

Fig. 3. Relations between θ, α and φ

4. 考　　察

4.1 オツターボードの抵抗及び展開力と曳網速度の関係

オツターボードを通る水平面を取り，この水平面においての力の釣合を考えるものとする。

オツターボードを通る水面上に網の中心線を x 軸にとり，これに垂直に y 軸をとり，第 3 図の如く作図し，ワープの展開角度を θ，その水平面となす角を α とすると，水平面にをいてワープの投影線が曳網方向となす角 $\varphi/2$ は図の関係により

$$\sin\frac{\varphi}{2}=\frac{\sin\frac{\theta}{2}}{\cos\alpha} \tag{1}$$

$$\cos\frac{\varphi}{2}=\frac{\sqrt{\cos^2\alpha-\sin^2\frac{\theta}{2}}}{\cos\alpha} \tag{2}$$

により与えられる。

左右いずれか一方のワープ及び，これに取付けられたオツターについて考える。

T ＝ワープの張力

T_x＝張力 T の x 方向の分力

T_y＝　〃　y　〃

Q ＝ハンドロープにかかる張力

Q_x＝張力 Q の x 方向の分力

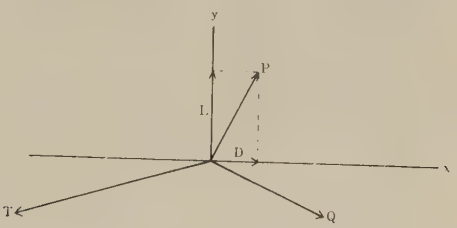
Q_y＝張力 Q の y 方向の分力

P ＝オツターボードにかかる総合流体圧力

D ＝流体圧力 P の x 方向の分力

L ＝　〃　〃　y　〃　〃

とする。D はオツターボードの抵抗，L はその展開力に当る。



第 4 図　オツターにかかる力の釣合

Fig. 4. Equilibrium of forces acting on the board.

オツターにかかる力の釣合から次の関係式を得る。

$$D=T_x-Q_x \tag{3}$$

$$L=T_y+Q_y \tag{4}$$

T_x 及び T_y：　T_x 及び T_y は第 4 図の関係から(1)及び(2)式により

$$T_x=T\cos\alpha\cos\frac{\varphi}{2}=T\sqrt{\cos^2\alpha-\sin^2\frac{\theta}{2}} \tag{5}$$

$$T_y=T\cos\alpha\sin\frac{\varphi}{2}=T\sin\frac{\theta}{2} \tag{6}$$

と表わされ，T, α 及び θ の測定により T_x 及び T_y を求め得る。

Q_x：　網の抵抗を R とすると，Q_x は

$$Q_x=\frac{1}{2}R$$

である。この実験に用いた網は既報大型模型による網成りの観察に用いた網であるから，その抵抗性能は既報[1]により $R=kv^n$ と表わし得ることがわかつている。ただし，前の実験ではオツターボードを取りつけず，ビームトロール式に使用したので，その抵抗性能は今回の如くオツターを取付け拡網する場合とは異なるわけである。しかし，前回の実験では $R=kv^n$ の指数 n は 2 より著しく小さく約 $n=1.48$ となつていることは，曳網速度の増大に伴い，網本体が変形し，曳網方向に垂直な平面への網地の投影面積が小さくなることを示している。

そして n が 2 より著しく小さいことは，たとえ，ビームトロール式に曳網され，ハンドロープ端が固定されても網の変形は著しいことを表わしている。よつてビームトロール式に曳網された場合も今回の実験の如くオツターボードが取付けられている場合にも，速度による網の変形の程度には大きい相違はないものとみなし，この実験においての網のみの抵抗を求めるため，今回の実験の場合にも網の抵抗は

$$R=kv^n \tag{7}$$

と表わされ，k 及び n の値は前の実験の場合と同じく $k=660$, $n=1.48$ があてはまるものとみなす。ただし R は kg, v は knot で表わすものとする。

R を (7) 式を以て表わされるものとすると，Q_x は

$$Q_x=\frac{1}{2}R=\frac{1}{2}kv^n \qquad (8)$$

により表わされ，定数 k 及び n の値を用いて Q_x を求め得る。

Q_y： ハンドロープが曳網方向となす角を β とすると，Q_y は

$$Q_y=\frac{1}{2}R\tan\beta \qquad (9)$$

と表わあれる。β は測定し得ないが既報大型模型による網成りの観察により，ハンドロープの延長線が網の中心線と交わる点は，ほぼコツドヘツド附近にあることが認められている[4]ので，

l_w＝ワープの長さ

l_h＝ハンドロープの長さ

l_n＝袖網先端からコツドヘツドまでの長さ

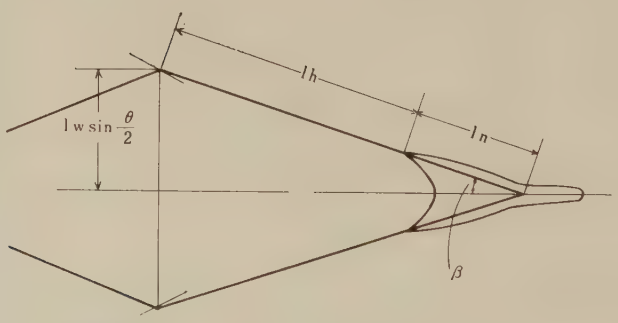
とすると 第5図の関係により $\tan\beta$ は近似的に

$$\tan\beta=\frac{l_w\sin\frac{\theta}{2}}{\sqrt{(l_h+l_n)^2-l_w^2\sin^2\frac{\theta}{2}}}$$

と表わし得る。よつて Q_y は

$$Q_y=\frac{1}{2}R\frac{l_w\sin\frac{\theta}{2}}{\sqrt{(l_h+l_n)^2-l_w^2\sin\frac{\theta}{2}}} \qquad (10)$$

により求め得る。



第 5 図 ハンドロープと網の中心線とのなす角 β

Fig. 5. Angle β subtended by the hand rope and the center line of the net.

供試網については l_h=18 m, l_n=7 m ととり R は前記により (7) 式を用いて計算し，測定された T, θ, α により (5), (6), (8), (10) 式を用いて T_x, T_y, Q_x, Q_y を求め (3) 及び (4) 式により D 及び L を計算すると第4表に示す如く得られる。この表においても v, R, D 及び L はいずれも実物に対する値を示す。

なお，中層トロールの場合は網が海底から浮上する為，網の形状が既報[1]のトロールの場合とは大分異り (8) 式及び (9) 式により Q_x 及び Q_y を求める事は適切とは思われないが同一の網構成による中層トロールという条件に対して両オツターを比較する場合は差しつかえないと考え，この実験式により比較してみた。

第 4 表　オツターボードの抵抗及び展開力

Table 4. Resistance and net developing force of the otter boards.

(A) トロールの場合　(A) Bottom trawling

縦型オツター Upright type				横型オツター Ordinary type			
曳網速度 v knot	網の抵抗 $\frac{1}{2}R$ kg	オツターの抵抗 D kg	オツターの展開力 L kg	曳網速度 v knot	網の抵抗 $\frac{1}{2}R$ kg	オツターの抵抗 D kg	オツターの展開力 L kg
2.0	925	93	529	2.0	925	200	318
2.2	1,065	101	607	2.2	1,065	269	369
2.4	1,210	96	759	2.3	1,135	344	430
2.5	1,285	213	834	2.6	1,365	325	537
2.8	1,515	228	1,002	2.8	1,515	450	611
3.0	1,675	245	1,148	3.1	1,759	391	690
3.2	1,842	250	1,360	3.2	1,840	618	754
3.3	1,930	354	1,451	3.4	2,019	486	807
3.5	2,108	360	1,577	3.5	2,108	742	899

(B) 中層トロールの場合　(B) Mid-water trawling

縦型オツター Upright type				横型オツター Ordinary type			
曳網速度 v knot	網の抵抗 $\frac{1}{2}R$ kg	オツターの抵抗 D kg	オツターの展開力 L kg	曳網速度 v knot	網の抵抗 $\frac{1}{2}R$ kg	オツターの抵抗 D kg	オツターの展開力 L kg
2.0	925	283	394	2.0	925	213	188
2.2	1,065	252	485	2.2	1,065	260	240
2.4	1,209	291	546	2.4	1,209	286	268
2.6	1,369	420	693	2.5	1,284	491	333
2.8	1,515	525	779	2.7	1,437	551	371
3.1	1,759	482	956	3.0	1,675	555	422
3.2	1,842	612	1,059	3.2	1,842	682	473
3.4	2,019	651	1,190	3.3	1,930	665	526
3.6	2,200	670	1,288	3.5	2,108	737	577

4.2 オツターボードの抵抗性能及び展開力性能

第 4 表に示されるオツターボードの抵抗 D 及びその展開力 L と曳網速度 v との関係を両対数方眼紙に現わすと第 6 図及び第 7 図の如くなる。

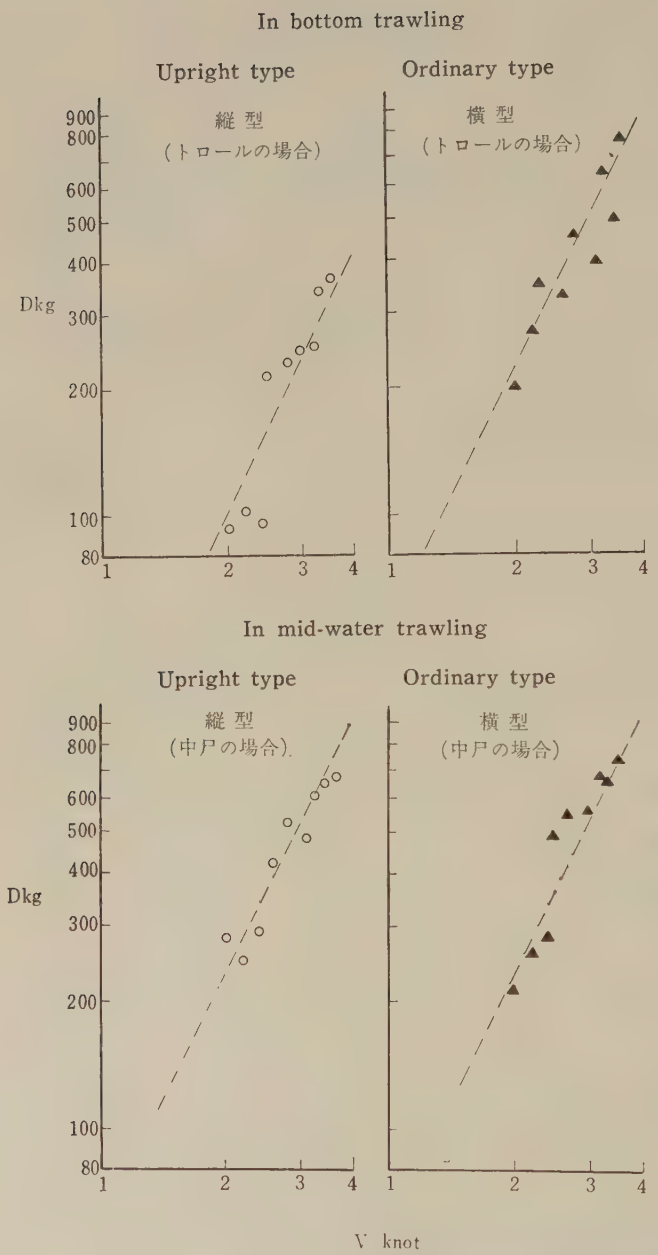
図中，破線で表わされる直線は D 或は L が v^2 に比例するものとして描かれた線であるが，この直線と点の分布とからみると，D 及び L はそれぞれ，ほぼ v^2 に比例するものといえる。よつて，オツターの面積を S とすると，D 及び L は近似的に

$$D=K_D S v^2 \tag{11}$$

$$L=K_L S v^2 \tag{12}$$

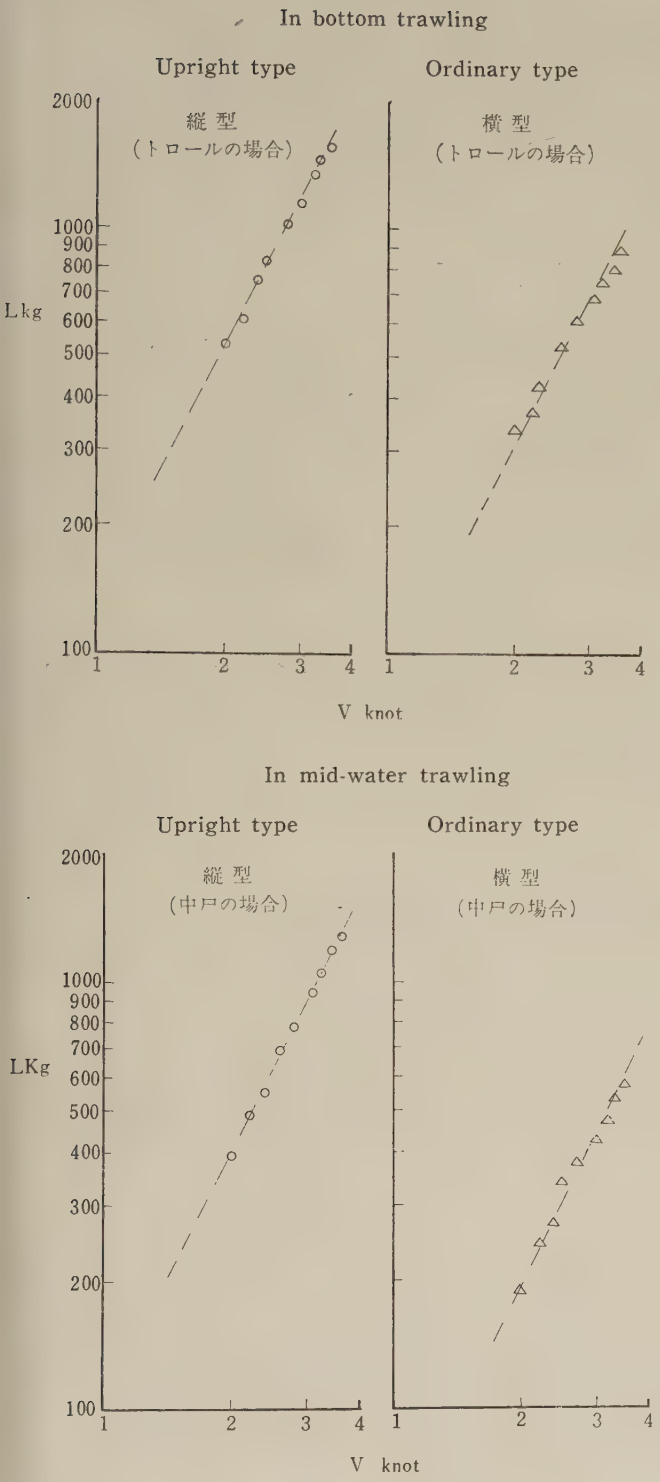
と表わし得るであろう。K_D 及び K_L はオツターボードの抵抗係数及び展開力係数ともいうべき値である。

第 7 図及び第 8 図により供試オツターボードについて K_D 及び K_L の値を概算すると第 5 表の如く得られる。ただし D 及び L を kg, S を m^2, v を knot の単位で表わすものとする。



第 6 図 曳網速度 v とオツターの抵抗 D の関係

Fig. 6. Relationship between towing speed v and resistance of the board D.



第 7 図 曳網速度 v とオッターの展開力 L の関係

Fig. 7. Relationship between towing speed v and net developing force L.

第 5 表 オツターボードの抵抗係数 K_D 及び展開力係数 K_L

Table 5. Coefficients of resistance K_D and net developing force K_L of the otter boads.

係数 Coefficient	トロールの場合 Bottom trawling		中層トロールの場合 Mid-water trawling	
	縦型オツター Upright type	横型オツター Ordinary type	縦型オツター Upright type	横型オツター Ordinary type
K_D	6.4	13.2	12.9	14.4
K_L	30.7	18.3	23.8	11.2

表によると底曳及び，中層のそれぞれの場合について縦型の方が横型にくらべて K_D は小さく，K_L は大きい。K_D 及び K_L の値は縦横比によつて異るばかりでなく，またオツターの流れに対する迎角によつても著しく異るものである。この実験においては，実際の曳網状態においての，迎角は測定されなかつたが，恐らく両型において，かなりの違いがあつたものとみられる。従つて上表の値の比較によつて直ちに縦型と横型との優劣を論ずることは当を得ないが，一般に縦横比の値が大きい場合の方が展開力は大きいことは他の実験でも知られている所であり，上表に表わされる実験結果はそれを裏書するものといえよう。

なお，実操業における横型オツターの傾斜角度の測定結果[5]ではワープの長さを水深の 2 倍程度とすると（中層トロールの場合）オツターは外側に約 30 度傾斜する事が明らかにされており，その場合は必然的に抵抗も減少しなければならないはずである。しかるに本実験における横型オツターの中層トロール使用時における K_D の値は底曳使用に比較して，多少ではあるが増大している。これの理由は明らかでないが，便宜上，網の抵抗を底曳の場合中層曳の場合も全く同様とみなしたが，実験の際の観察によると両者の場合，網成りに相違があることが認められたことから考えて，網の抵抗の推定が適切でないためかと思われる。従つてオツターの性能について，底曳の場合と中層の場合を比較する事は，この場合適切ではなく，底曳及び中層の，それぞれについて縦型及び横型を比較すべきである。

又，オツターボードの性能を表わす量として，その展開力と抵抗の比 L/D をとると，(11) 式及び (12) 式の関係から

$$\frac{L}{D} = \frac{K_L}{K_D}$$

と表わされるから，この比の値を第 5 表により計算すると第 6 表の如くになる。

第 6 表 オツターボードの展開力と抵抗との比

Table 6. Ratio of L to D

	トロールの場合 Bottom trawling		中層トロールの場合 Mid-water trawling	
	縦型オツター Upright type	横型オツター Ordinary type	縦型オツター Upright type	横型オツター Ordinary type
$\frac{L}{D}$	4.5	1.4	1.85	0.8

この表からみても縦型の方が横型より性能が著しく高く，トロールの場合は約 3 倍に，中層トロールの場合は約 2.3 倍に増大している事がわかる。

なお，本実験は前述した如く，精度も高いものではなく，又網の抵抗としては，別の水槽実験による測定値[1]を引用した為，これらの誤差も含まれ，必ずしも，適切な実験方法とはいえない。しかし，同一条件における縦型及び横型両オツターの性能比較としては，充分役立つものと思われる。又縦横比の相異による性能の相異についても 2 種類だけではなく，数種類についての実験が必要と思われ，これらの問題については後刻実験を行う予定である。

4.3 曳網中におけるオツターボードの安定性

前記の如く，縦型オツターの方が横型より L/D の値が大きく性能は高いが，このことはオツターが曳網中に水面に対して垂直に近い状態にあることが必要条件となつている。一般に縦型は横型より L/D の値は大きいが，曳網中安定度が小さいことが欠点とされている。著者等はこの点を考慮して，縦型オツターについては，前記の如く水槽において予備実験を行ない，曳網中に安定を確保し得るようブライドルの取付け，或は材質的の重心の選定等を行なつたので曳網中の観察によつてはオツターが安定した状態にあることが認められた。しかし第2図に示すようなチエインのみのブライドルの場合には投網或は変針に際して多少安定をかくようであり，これに対しては，普通の横型オツターの如く，前方ブライドルはブラケツトとすべきである。

要　　約

現在トロール漁業で普通に使われているオツターボードは横に長い長方形の平板であるが，縦横比，或はオツターの断面の形などを適当にすることによつてオツターの性能を更に高上せしめる事が事来ると考え，著者等は clark Y 型翼断面の縦型オツター（縮尺 1/5 横型）を試作し，これと在来の横型オツター（縮尺 1/5 模型）との性能比較実験を行つた。その結果

1) 縦型及び横型オツター共に，その抵抗を D，展開力を L とすると D 及び L は近似的に

$$D=K_D S v^2$$

$$L=K_L S v^2$$

の式で表わされる。但し，K_D はオツターの抵抗係数，K_L は展開力係数，S はオツターの表面積，v は曳網速度とする（第 5 表）。

2) 縦型オツターは，トロールの場合も，中層トロールの場合も共に，展開力と抵抗力の比 L/D の値は横型オツターより著しく大きく，トロールにおいては約3倍に，中層トロールにおいては約 2.3 倍の値を示した（第 6 表）。

3) 縦型オツターは水中での安定度も良く，トロール及び中層トロールに兼用で使用出来，実用的なる事を確認した。

終りに，取まとめにあたつて，御教示を賜つた源生一太郎所当研究所長及び実験に際し協力いただいた東京水産大学学生，谷口，笹谷の両君に厚く御礼申上げる。

文　　献

1) 高山重嶺，小山武夫：トロールに関する研究—III 大型模型による網成りの観察，東海区水研報告第 24 号，昭和 34 年 6 月
2) Tauti, M.: A relation between experiments on model and full scale of fishing net, Bul. Jap. Soc. Sci. Fish. 3(4) 1934
3) 高山重嶺，小山武夫：中層トロールに関する研究—II ネツトゾンデの試作実験結果について，東海区水研報告 29 号，昭和 36 年 1 月
4) 高山重嶺，小山武夫：トロールに関する研究—V トロール網の袖網間隔を測定する装置及びその計算式について，東海区水研報告第 31 号，昭和 36 年 6 月
5) 高山重嶺，小山武夫：トロールに関する研究—IV オツターボードの傾斜角度計の試作実験結果について，東海区水研報告第 30 号，昭和 36 年 3 月

Studies on Trawl Net—VI Comparative Efficiency between Two Types of the Otter Board with Different Ratios as to the Length and the Height

Shigene Takayama and Takeo Koyama

Synopsis

The otter board commonly employed in trawl fishing is of a rectangular shape with its height smaller than the base. Hydrodynamically considered, however, a rectangular board, which has the height larger than the base and thus may be called the upright type, would be more effective to develop the net, because a remarkable increase in the net developing force is expected from towing such a board. The authors, in this concern, carried out model experiments the up-right type with its height about twice the base to compare its efficiency with that of the ordinary type, each board carrying a model net attached (Table 1 and Fig. 1). To estimate the resistance of the board separately from the total resistance measured, a model net of known resistance characteristics was employed, a net whose from and resistance had been previously tested by towing it in an experimental tank (Takayama and Koyama, 1959). The size of the board under test was reduced to one fifth of its prototype in keeping with the scale reduction of the modele net.

Experiment: Performance of each board was terted at sea as the net was towed along the bottom or mid-water by changing the length of warps paid out. The towing conditions are given in Table 2. The tension T on the warp, the angle θ subtended by the warps and the angle of inclination of the warp against the sea level were measured as the net was towed at various speed V (Table 3).

Estimation of the resistance and net developing power of the board: Take X axis in the direction of towing and Y axis normal to it on the horixontal plane through the center line of the net. In Fig. 3, let T tension on the warp, Q tension on the hand rope, D and L resistance and net developing force of the board, respectively, then the equilibrium of forces on the board is expressed by the follwing equations.

$$D = T_x - Q_x \quad \cdots\cdots(1)$$

$$L = T_y + Q_y \quad \cdots\cdots(2)$$

T_x, T_y, Q_x and Q_y are given by

$$T_x = T\sqrt{\cos^2\alpha - \sin^2\frac{\theta}{2}} \quad \cdots\cdots(3)$$

$$T_y = T\sin\frac{\theta}{2} \quad \cdots\cdots(4)$$

$$Q_x = \frac{1}{2}R \quad \cdots\cdots(5)$$

$$Q_y = \frac{1}{2}R\tan\beta \quad \cdots\cdots(6)$$

in which R = resistance of the net, and β = angle subtended by the extension line of the hand rope and the center line of the net.

Resistance R of the net can be represented by $R = kv^n$. To estimate the value of R in the equations (5) and (6), it is assumed that the same values of the constants k and n as obtained by the previous tank experimets can be applied to evaluate the resistance of the net as it is towed with the otter board under test. As to tan β, it may be expressed, on the the basis of the preceding report (Takayama and Koyama, 1961), by the following epuation.

$$\tan\beta = \frac{l_w \sin\frac{\theta}{2}}{\sqrt{(l_h+l_n)^2 - l_w^2\sin^2\frac{\theta}{2}}} \quad \cdots\cdots(7)$$

where l_w = length of the warp paid out, l_h = length of the hand rope, and l_n = length of the net measured between the frontal end of the wing and the cod head.

By equation (1) to (7) the values of D and L can be computed as listed in Table 4.

Comparison of the performance of the boards of the two types under test: By plotting log D and log L against log v, respectively, Figs. 6 and 7 are obtained which suggest that D and L can be expressed approximately by

$$D = K_D S v^2$$
$$L = K_L S v^2$$

in which S = area of the board, K_D and K_L = coefficient of resistance and net developing force of the board, respectively.

Values of K_D, K_L, and the ratio $K_L/K_D = D/L$ given in Tables 5 and 6 indicate that the board of the new type presents far larger force to develop the net with some what less resistance than the ordinary type.

Stability of the board under towing: The upright boards could be towed in a stable with little or no trouble in operating the trawl net, proving that the board can be successfully employed in commercial fishing.

産地別ニジマス発眼卵の諸種成分含量*

村山繁雄・簗瀬正明

I. 緒　　言

ニジマスの養殖において良質な卵を生産することは優良な稚魚を得るための必須条件であつて産業上重要な課題である。卵の孵化率は卵に含まれる栄養成分含量と関係があると思われるが，従来この関係については殆んど研究されていない。

平尾ら[1)2)]はニジマス卵の孵化率と卵中の黄色色素，鉄，ビタミン B_2 含量とが関係があることを報告している。

著者らは孵化率と卵中の成分含量との関係を確めるため産地を異にしたニジマス発眼卵についてこれら成分の外諸種のビタミンB群含量などを測定した。

その結果測定の範囲ではいずれの成分も孵化率と有意の相関をボすに至らなかつたが，養殖ニジマスの試料卵と天然産ニジマスの試料卵とでは或る種成分含量に差異が見られることを認めたので報告する。

II. 実験材料及び方法

A. 実験材料　昭和 35 年 2～3 月下記の養殖場で飼育されたニジマスの発眼卵と昭和 34 年 7 月北海道摩周湖産の天然ニジマスの発眼卵を試料とした。これらは親魚の個体別に採卵し受精せしめた卵の中，発眼卵のみを当研究室に輸送していただいた。到着後直ちに凍結して貯蔵した。尚輸送中に生じた死卵は取除き活卵のみを試料とした。養殖ニジマス卵の試料を提供された養殖場は次の 9 カ所である。

長野県水産指導所，長野県明科某民営養鱒所，東京水産大学大泉実習場，静岡県水産試験場富士養鱒場，新潟県淡水魚増殖場，水産庁日光養魚場，東京都水産試験場奥多摩分場，北海道立水産孵化場千歳支場，同森養鱒場。

又北海道摩周湖産の発眼卵は北海道立水産孵化場より空輸されたものである。

B. 定 量 方 法

(1) 水分，粗脂肪　水分の定量は常法により，粗脂肪は芒硝で脱水した試料に対し約 5 倍量のエーテルで 5 回常温抽出を行い，得たるエーテル抽出物を粗脂肪とした。

(2) 水溶性ビタミン類

a. ビタミン B_2　ルミフラビン螢光法により総 B_2 を定量した。

b. ビタミン B_6　*Saccharomyces carlsbergensis* を試験菌とする bioassay により総 B_6 を測定した。試料は 0.055NH_2SO_4 で 20 ポンド，3 時間加水分解して B_6 を抽出した。

c. パントテン酸　*Lactobacillus arabinosus* を試験菌とする bioassay によつた。試料よりパントテン酸の抽出には mylase p を使用した。

d. 葉酸　*Streptococcus faecalis* を試験菌とする bioassay によつた。葉酸の抽出には新鮮な豚腎臓酵素液を用いた。

e. ビタミン B_{12}　*Euglena* 法によつた。試料より B_{12} の抽出には KCN 添加，加圧下熱水抽出を採用した。

f. ビオチン　*Lac. arabinosus* を試験菌とする方法[3)]により，ビオチンの抽出には $2NH_2SO_4$ で 15 ポンド，3 時間加圧分解を採用した。

(3) 色素　アスタキサンチンの定量は金光ら[4)]の方法に準じ，キサントフイルの定量はアスタキサンチン

---

* 1961 年 5 月 24 日受理，東海区水産研究所業績A第 150 号

を分離した後試料油を鹸化してアルミナクロマトにかけ，キサントフイルを分離して行つた。

(4) 無機質　カルシウム，燐，鉄の定量は A.O.A.C.[5] の方法に準拠した。

III. 実 験 結 果

上記の定量方法によつて得られた諸成分の定量結果を親魚の大きさ，発眼率，浮上率などと共に Table 1

Table

試料番号 Sample No.	親魚 Parent fish 体長 Body length cm	体重 Body weight g	年令 Age	総卵数 Collected eggs	発眼率 Ratio of eyed eggs to fertilized eggs %	浮上率 Ratio of hatched eggs to eyed eggs %	平均卵重 Mean weight of egg mg	水分 Moisture %	粗脂肪 Crude fat %
A 1	35.0	843	2		94.5	96.3	93	61.8	5.17
A 2	32.4	680	2		94.3	95.5	71	65.4	4.35
A 3	43.6	1525	2		91.3	97.9	127	63.1	4.97
A 4	34.2	759	2		91.0	91.7	50	65.1	4.36
A 5	36.8	918	2		87.1	54.6	74	64.0	4.61
A 6	44.3	1604	2		86.9	82.4	118	63.0	4.97
A 7	38.5	996	2		72.0	51.9	112	65.7	3.62
A 8	35.0	720	2		72.0	94.1	46	63.1	4.10
A 9	42.0	1456	2		44.5	45.1	100	65.1	4.32
A 10	33.5	693	2		32.8	56.9	29	65.1	4.10
A 1′	41.5	1383	3		93.4	94.7	85	63.7	3.22
A 2′	39.5	1266	3		93.3	98.2	99	63.8	4.61
A 3′	48.2	1646	3		90.8	78.1	84	66.4	3.90
A 4′	44.8	1557	3		90.7	99.0	97	63.2	4.55
A 5′	51.2	2161	3		85.1	86.3	129	63.5	3.54
A 6′	44.2	1777	3		84.7	98.8	117	62.9	4.33
A 7′	48.0	1901	3		77.6	93.3	117	62.5	4.55
A 8′	43.8	1640	3		71.9	93.9	106	63.7	3.68
A 9′	45.4	1544	3		67.0	90.1	100	64.0	4.02
A 10′	48.8	2021	3		55.9	56.4	92	65.7	3.69
B 1							87	65.1	4.83
C 1	28.5(全長 Total length)		2		99.3		72.1	65.1	4.37
C 2	35.0	〃	2		97.5		80.5	61.2	4.75
C 3	40.0	〃	3		98.2		136	61.5	4.86
C 4	45.5	〃	3		94.2		107	62.0	5.16
C 5	53.0	〃	4		94.5		91	62.8	4.00
C 6	57.5	〃	4		89.3		143	59.9	5.22
D 1	41.0	1100	2	2856	97.0	98.75	82.3	60.1	5.00
D 2	42.0	950	2	1934	96.0	96.14	89.3	50.7	5.19
D 3	42.0	1150	3	2496	97.5	97.55	98.0	61.2	5.55
D 4	43.0	1250	3	2840	71.7	91.48	71.5	60.0	6.56
D 5	46.0	1700	4	3245	72.1	78.87	100	59.5	5.35
D 6	53.0	2250	4	3995	98.0	97.49	113	61.3	4.27

に示す。Table 1 の養殖場Aの試料については2才魚の初産群と3才魚以上の経産群に分けて夫々発眼率の良好な順に配列した。

Table 1 の養殖場Aにおける各試料の分析値を見ると，水分，粗脂肪，無機成分含量は試料間の差異が小さいが，水溶性ビタミン類と色素含量は差異がかなり大きい。

しかしながらこれら成分量と発眼率或は浮上率との相関関係を求めるといずれの場合にも有意の相関は認

1.

水溶性ビタミン Water soluble vitamin						色素 Pigment		無機質 Mineral			備考 Remarks
B_2 γ/g	B_6 γ/g	パントテン酸 Pantothenic acid γ/g	葉酸 Folic acid γ/100g	B_{12} γ/100g	ビオチン Biotin γ/100g	キサントフィル Xanthophyll γ%	アスタキサンチン Astaxanthin γ%	カルシウム Ca mg%	燐 P mg%	鉄 Fe mg%	
0.8	2.1	13.5	5	12		31.3	109.5	55.6	426	2.82	
1.0	2.7	7.0	6	15		22.4	118.3	49.5	376	2.77	
1.2	3.0	9.5	10	15		34.8	88.6	34.1	406	2.90	
1.3	2.7	8.0	6	13		44.7	129.0	40.9	374	2.71	
0.7	2.7	13.5	5	22		19.0	80.2	43.5	388	2.98	
0.3	0.4	10.0	10	12		64.7	112.3	55.3	372	2.73	
1.1	2.4	10.0	7	8		20.5	70.0	53.7	318	2.85	
0.7	2.6	6.5	7	8		50.1	86.5	56.5	400	3.08	
	1.2	11.5	8	15		16.1	57.1	51.9	406	3.15	
1.2	0.2	8.0	8	12		27.5	133.6	58.5	390	3.04	
0.8	2.0	9.0	7	8	9.9	20.2	79.7	55.7	388	2.98	
2.0	3.7	11.5	14	20	15.1	81.2	170.0	58.6	410	2.18	
2.2	0.5	12.0	5	13	18.3	35.8	63.4	73.0	358	4.40	
1.6	0.4	5.0	5	11	15.8	27.1	84.0	59.9	414	3.05	
1.8	0.5	14.5	6	11	5.8	30.3	90.0	69.8	398	2.97	
0.8	1.4	5.5	10	10	9.1	32.9	69.0	66.5	440	2.31	
1.1	0.6	9.5	6	15	16.9	36.7	78.2	71.3	414	2.82	
1.8	2.8	12.5	4	15	11.4	43.6	60.6	51.7	384	3.03	
1.6	0.9	9.5	5	16	13.4	40.2	82.3	55.8	398	2.52	
4.8	0.8	10.5	7	17	8.3	55.4	69.4	33.7	344	2.97	
1.0	2.1	19.0	12	23		129.5	264.0	60.7	374	2.65	
0.7	0.2	2.3	7	10		83.0	71.0	59.8	414	2.95	採卵2月8日発眼2月23日孵化3月13～15日水温11.3～9.5°C
	0.2	6	5	9		70.8	161.0	54.9	468	1.60	
0.3	0.7	6.5	33	4		26.2	226.0	54.5	468	1.85	
0.7	0.5	8.5	31	9		57.8	270.0	58.7	456	2.52	
0.3	0.4	7	7	8		56.4	114.0	60.0	468	2.30	
	0.9	5	10	9		23.6	150.0	42.0	468	1.88	
1.6	1.2	6	34	3		39.0	59.7	55.5	446	1.98	採卵2月8日発眼2月23日水温10.7°C
0.6	1.0	6.5	4	9		38.9	42.8	53.9	466	1.80	
0.8	0.8	7.5	13	3		54.6	75.2	57.4	450	1.65	
	2.6	9	28	6		32.8	223.0	53.6	450	2.60	
	1.4	7.5	3	6		43.6	68.2	33.7	458	1.65	
	0.8	8.5	27	4		18.8	93.5	60.0	460	1.65	

Table

試料番号 Sample No.	親魚 Parent fish 体長 Body length cm	体重 Body weight g	年令 Age	総卵数 Collected eggs	発眼率 Ratio of eyed eggs to fertilized eggs %	浮上率 Ratio of hatched eggs to eyed eggs %	平均卵重 Mean weight of egg mg	水分 Moisture %	粗脂肪 Crude fat %
E 1	28.5	500	1	984	62.9	79.4		56.4	5.96
E 2	29.8	500	2	833	61.8	90.9		57.6	6.63
F 1			2	2883	95.1			61.9	4.57
F 2			3	3804	63.0			61.1	4.34
F 3			4	4682	94.8			60.8	4.60
G 1	32.5		2	1103	97.2	99.4	88	63.1	4.62
G 2	33.5		2	1033	94.8	98.4	92	62.9	4.60
G 3	41.0		3	1629	94.8	76.4	114	58.9	4.73
G 4	51.0		3	2465	98.6	99.1	131	65.3	4.13
G 5	54.5		4	3301	93.1	90.3	118	65.9	4.01
G 6	58.0		4	4525	94.5	99.1	101	62.4	5.64
H 1	33	650	3	2086	98.8	97.1	81	69.0	4.95
H 2	35	780	3	1523	98.5	98.2	100	58.5	5.54
H 3	41	1425	4	2850	98.5	97.6	89	59.0	4.61
H 4	41	1275	4	1593	94.7	96.5	120	61.2	4.71
H 5	45	1900	5	2555	90.9	91.8	128	57.5	5.00
H 6	47	1860	5	2326	97.9	98.7	116	57.2	5.55
I 1	26.0	431	2	801	86.5	99.4		63.5	3.68
I 2	29.8	413	2	823	88.4	97.3		63.8	4.97
I 3	32.3	544	3	1388	92.0	99.4		65.3	4.72
I 4	34.8	616	3	1271	93.9	99.7		65.0	4.17
I 5	34.9	780	4	1714	96.0	99.4		65.4	4.51
I 6	36.1	738	4	1575	97.0	99.7		64.9	3.55
J								66.35	5.44

The alphabetical notation placed before each sample number indicates a different hatchery

められなかつた。

次に養殖場B—Iの試料を見ると各養殖場により卵成分含量に特徴がみられ，養殖場Eの試料は他に比べ粗脂肪含量が高いこと，養殖場Cの試料はビタミン B_2 含量が低いこと，養殖場C，Dはビタミン B_{12} 含量が少いこと，養殖場Gはアスタキサンチン含量が特に高いことなどが観察される。

同一養殖場の試料につき孵化率と諸成分との関係を調べると各養殖場とも試料数が少く，発眼率，浮上率の差異の巾が狭いこともあつて，相関関係はすべて見出せなかつた。

養殖場A—Iにおける養殖ニジマスの卵成分を摩周湖産の天然ニジマス，Jの卵成分と比較すると，水溶性ビタミンの中パントテン酸含量は養殖ニジマスの方が天然ニジマスより高いが，ビタミン B_6, B_{12}, Fe, アスタチサンチン含量においては養殖ニジマスは天然ニジマスに劣つており，特にアスタキサンチンは差異が大きい。その他の成分では両者の相違は少い。

1. Continued

水溶性ビタミン Water soluble vitamin						色素 Pigment		無機質 Mineral			備考 Remarks
B_2 γ/g	B_6 γ/g	パントテン酸 Pantothenic acid γ/g	葉酸 Folic acid γ/100g	B_{12} γ/100g	ビオチン Biotin γ/100g	キサントフィル Xanthophyll γ%	アスタキサンチン Astaxanthin γ%	カルシウム Ca mg%	燐 P mg%	鉄 Fe mg%	
2.0	0.6	14	21	11		53.9	153.0	74.1	504	2.96	採卵2月23日発眼3月9日孵化3月25～31日
0.4	0.5	17.5	7	19		106.0	196.0	51.7	492	3.30	
1.6	0.5	12.5	25	14		33.6	260.1	48.9	470	1.72	採卵2月20日発眼3月10日孵化3月29日水温12°C±2°C
2.1	0.4	12.5	9	19		59.5	231.0	54.3	480	1.88	
1.9	0.5	16.5	25	15		32.1	212.0	56.7	478	1.75	
2.2	0.5	13.5	25	19		41.8	962.0	63.2	446	2.10	採卵2月18日
5.9	0.6	13.5	20	23		190.0	1100.0	63.2	446	2.03	
2.7	0.2	11.5	16	21		32.4	1205.0	64.3	506	1.87	
2.2	0.6	17.5	9	13		27.3	843.0	59.1	406	2.32	
2.0	0.2	18.5	23	13		26.1	792.0	62.7	418	2.10	
2.0	1.8	13.5	18	11		19.5	1068.0	64.3	452	2.60	
						42.3	129.0	37.3	366	3.38	
						53.6	197.5	59.5	482	3.38	
						19.1	137.2	48.9	432	3.10	
						67.2	144.0	80.7	482	3.18	
						54.3	121.8	85.4	494	3.58	
						41.0	133.0	81.0	480	3.26	
						76.5	197.0	56.4	462	1.82	採卵2月29日水温8.1°C
						75.7	218.5	54.1	446	2.32	
						57.1	472.0	42.4	402	2.15	
						28.6	120.0	42.6	436	1.82	
						43.7	151.0	52.7	380	2.46	
						37.6	118.0	47.6	430	2.45	
	2.4	4.0	14	23	12.3	51.2	1423.0	44.2	401	3.99	採卵7月

where the materials were obtained. The samples of J-group were from Lake Mashū, Hokkaido.

IV 考　　察

今回分析の対象とした試料卵は発眼しない卵や，輸送中の死卵を除いた発眼率のみであつたから発眼率よりは浮上率との関連において卵成分含量を吟味するのが妥当であると考えるが，浮上率，発眼率とも各栄養成分含量との間に相関関係を示さなかつた。このことは試料卵が各成分を正常な孵化をするために必要な一定水準以上含んでいること，或いは孵化に特に関係がある成分は測定した諸成分の他に存することなどを考えさせるが，これらの点については更に慎重な調査を行う必要がある。

従来我が国において卵質が最も優秀であるとされている摩周湖産ニジマスの発眼卵は養殖場の試料卵に比し数種成分において高い含量を示した。それら高い含量を示している成分が卵質の良否に関する因子となつているか否かは現段階では明らかでない。養殖ニジマスの親魚の餌料と卵成分との関係を調べ，卵成分と卵

の発眼率，浮上率との関係を調査すれば，摩周湖産ニジマス卵の成分含量の特徴と卵質との関係を知ることができるであろう。

V 摘 要

諸所の養鱒場及び北海道摩周湖より入手したニジマス発眼卵についてビタミンB群，脂肪，色素，無機成分含量を調査し，卵の孵化率とこれら諸成分含量との相関を検討した。

(1) 測定の範囲ではそれらの卵成分と発眼率，浮上率との間には一定の関係が認められなかつた。

(2) 摩周湖産天然ニジマスの発眼卵は養殖ニジマスの発眼卵に比し，アスタキサンチンが著しく濃厚でビタミン B_6, B_{12}, Fe 含量も高い傾向を認めた。

終りに御指導を賜つた東利用部長，御協力を願つたビタミン科の方々，並びに各養鱒場の方々に対し深く感謝する。

文 献

1) 平尾秀一，山田充阿弥，菊地 嶺： 日水誌，**20**, 431 (1954)
2) 同 上 ： 日水試，**21**, 240 (1955)
3) Wright, L.D., and Skeggs, H.R.: Proc. Soc. Exptl. Biol. Med., **56**, 95 (1944)
4) 金光庸俊，青江 弘： 日水誌，**24**, 555 (1958)
5) Official Method of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists (1950).

The Amounts of Chemical Constituents of Eyed Eggs of Rainbow Trout from Various Sources

Shigeo Murayama and Masaaki Yanase

Synopsis

The eyed eggs of rainbow trout supplied from nine hatcheries and Lake Mashū in Japan were analyzed for their chemical constituents — fat, water soluble vitamins, pigments, mineral components — to see if correlation exists between the hatching rate of eggs and the amounts of these components. Except the materials collected from Lake Mashū, biological data of parent fish were determined by the hatcheries. Of every batch of eggs obtained at the hatcheries, about one half or two thirds was used for evaluating the hatching rate, and the rest was transported to the author's laboratory for chemical analysis.

Results of the analysis coordinated with the embryological data in Table 1 reveal (1) no definite correlation between the hatching rate and the amount of any chemical constituents examined; (2) in comparison with eggs obtained from cultured fish, however, eggs from fish in natural environments (Lake Mashū) were found rich in vitamin B_6, B_{12} and Fe, especially in astaxanthin.

フイツシユ・ソリユブルに関する研究—I
市販フイツシユ・ソリユブルの栄養成分*

東　秀雄・村山繁雄・簗瀬正明

I 緒　　言

フイツシユ・ソリユブルの生産は年々増加し，多種多様のソリユブル製品が市販されるようになつた。最近ソリユブルの品質向上を計るため，日本科学飼料協会の水産飼料部会フイツシユ・ソリユブル製造分科会で，フイツシユ・ソリユブル推奨委員会が結成され，フイツシユ・ソリユブル基準ならびに定量法を定め，35年8月フイツシユ・ソリユブル推奨要領を定めた。この基準は下記の如くである。

水　　分	50% 以下
粗 蛋 白 質	35% 以上
粗　灰　分	10% 以下
水 溶 性 窒 素	全窒素の 80% 以上
揮発性塩基態窒素	全窒素の 15% 以下（暫定）

この基準ではソリユブル製品の含有する一般成分含量などを規定したのに止まり，ソリユブルとして最も重要な生物的効果に関係しての成分含量までは規定されていない。合理的基準としては，ソリユブルの飼料価値に大きく関係すると考えられる動物性蛋白質の形態，遊離アミノ酸組成，窒素化合物の形態，諸種ビタミン類，無機成分などについても規定すべきであり，そのための研究の第一歩として市販のソリユブルについてこれらの栄養成分の含量を測定して，基準の合理化について考察した。

II 実 験 材 料

日本科飼料学協会のフイツシユ・ソリユブル製造分科会が推奨した代表的市販ソリユブル10種とした。これらは日本水産化学工業株式会社，日魯漁業株式会社，日本化学飼料株式会社，太平飼料株式会社，大洋漁業株式会社の製品であり，いずれも昭和 35 年に製造されたものである。試料入手後は冷蔵庫に保管して適時諸成分の分析に供した。なお分析値の表示に当つては会社名の表示をさけ，会社別番号 No. 1—5 とした。

III 定 量 方 法

1. 一 般 成 分

水分，粗蛋白，粗灰分——常法による。

粗脂肪——試料を芒硝で脱水後精製エーテルを使用して常温抽出を行い，得たエーテル可溶物を粗脂肪とした。

2. 含窒素化合物

区　　分	定　　量　　法
水 溶 性 窒 素	試料約 5 g を精秤し水を加え全容を 100 cc とし，よく振とう後東洋沪紙 No. 2 を用いて沪過する。沪液の一定量について窒素を定量する。
揮発性塩基態窒素	微量拡散法[1]（Conway 法）による。
アミノ態窒素	ホルモール法による。

* 1961年6月6日受理，東海区水産研究所業績A第155号。

Table 1. 市販フイツシユ・ソリユブルの栄養成分
Nutritive elements of commercial fish solubles

試料番号 Sample No.	原料 Material	水分 Moisture %	粗脂肪 Crude fat %	粗蛋白 Crude protein %	粗灰分 Crude ash %	水溶性Nの全Nに対する割合 Ratio of water soluble N to total N %	揮発性塩基Nの全Nに対する割合 Ratio of volatile basic N to total N %
1A	雑魚内臓等 Miscellaneous fish	40.4	5.2	45.7 (84.1)	4.6 (8.5)	93.4	2.7
1B	マグロ内臓 Tuna viscera	41.8	7.7	44.9 (89.0)	3.4 (6.4)	91.4	2.2
2	雑魚内臓等 Miscellaneous fish	33.8	8.9	48.2 (84.5)	6.4 (11.7)	82.5	2.7
3A	スケソウ・ホツケの肉質・内臓質 Alaska pollack and Atka mackerel flesh mixed with viscera	40.4	11.2	38.2 (79.0)	4.6 (9.5)	86.4	4.3
3B	スケソウ・ホツケの肉質・内臓質 Alaska pollack and Atka mackerel flesh mixed with viscera	46.5	10.0	35.2 (80.9)	4.0 (9.2)	87.7	4.1
3C	イカ・サンマ・スケソウ・鮭鱒の肉質・内臓質 Cuttlefish, saury, Alaska pollack and salmon flesh mixed with viscera	40.7	6.6	41.6 (79.0)	10.1 (19.2)	96.8	3.2
4A	雑魚内臓等 Miscellaneous fish	37.3	10.0	46.5 (83.3)	4.1 (7.8)	89.2	3.7
4B	〃	42.3	4.6	46.8 (88.0)	4.1 (7.7)	85.9	2.6
5A	マグロ内臓 Tuna viscera	43.6	10.0	40.2 (86.7)	3.7 (8.0)	79.2	2.6
5B	カツオ煮汁 Cooked liquor of skipjack flesh	42.6	4.1	38.8 (72·8)	10.8 (12.0)		

（カツコ内の数値は脱脂乾燥物換算値を示す）
Numerals in parentheses indicate the values calculated on the basis of defatted dry material.

Table 1. Continued

試料番号 Sample No.	ビタミン Vitamin									無機質 Mineral								
	A IU/g	D IU/g	B_1 γ/g	B_2 γ/g	B_6 γ/g	Niacin mg/100g	Pantothenic acid γ/g	Biotin γ/100 g	B_{12} γ/100 g	カルシウム Ca mg%	燐 P mg%	鉄 Fe mg%	カリウム K mg%	ナトリウム Na mg%	マグネシウム Mg mg%	砂 Sand %	珪酸 Silicic acid %	SO_4'' mg%	Ca/P
1A	344 (632)			3.9 (7.2)	5.8 (10.7)	22.3 (41.0)	38.5 (70.8)	116 (213)	23 (43)	61.8 (113)	707 (1,300)	30.2 (56)	300 (552)	128 (235)	31.0 (57.0)	0.31 (0.57)	0.26 (0.48)	4.91 (9.03)	0.087
1B	271 (537)		0.07 (0.14)	5.6 (11.1)	6.6 (13.0)	14.7 (29.1)	25.5 (50.5)	80 (158)	20 (40)	27.3 (54.1)	508 (1,005)	44.3 (89)	250 (495)	96 (100)	68.0 (135.0)	0.71 (1.40)	0.91 (1.80)	3.91 (7.75)	0.054
2	81 (141)	36 (63)		6.2 (10.8)	2.0 (3.5)	22.5 (39.3)	24.0 (41.9)	80 (139)	112 (196)	39.0 (68.0)	753 (1,330)	23.3 (40.7)	350 (611)	232 (405)					0.052
3A	436 (902)		0.04 (0.08)	6.7 (13.8)	1.6 (3.3)	11.3 (23.4)	24.5 (50.6)	216 (447)	20 (41)	65.4 (135)	768 (1,580)	24.7 (51.0)	281 (581)	136 (281)					0.085
3B	479 (1,100)			5.8 (13.3)	3.4 (7.8)	23.1 (53.2)	24.5 (56.2)	140 (322)	20 (46)	59.8 (137)	715 (1,640)	15.8 (36.4)	532 (709)	172 (395)	34.6 (79.5)	1.09 (2.50)	0.42 (0.97)	84.8 (195.0)	0.084
3C	33 (63)			3.4 (6.5)	13 (24.9)	27.1 (51.5)	15.0 (28.5)	56 (106)	16 (30)	35.2 (66.8)	883 (1,680)	18.7 (35.5)	952 (1,810)	280 (532)					0.040
4A	413 (784)		0.12 (0.23)	2.5 (4.7)	11 (20.9)	26.8 (50.5)	22.0 (41.7)	80 (152)	20 (38)	43.5 (82.6)	553 (1,050)	36.5 (69.2)	263 (500)	125 (237)					0.079
4B	352 (662)			3.4 (6.4)	8.6 (16.2)	19.5 (36.7)	17.5 (33.0)	70 (132)	23 (43)	42.2 (79.4)	560 (1,050)	33.3 (62.7)	331 (623)	108 (204)					0.075
5A	718 (1,550)	75 (167)	0.05 (0.18)	4.6 (9.9)	7.8 (16.8)	14.3 (30.9)	20.5 (44.2)	53 (114)	18 (39)	79.3 (172)	552 (1,190)	28.7 (61.9)	225 (484)	112 (241)					0.143
5B	3 (6)		5.40 (10.1)	11.3 (21.2)	15 (28.1)	50.0 (93.7)	49.5 (92.8)	43 (81)	25 (47)	29.8 (55.9)	871 (1,630)	20.9 (39.2)							0.034

区分	定量法
5% トリクロール酢酸可溶窒素	試料 5g を水 25cc にとかし，20% トリクロール酢酸溶液 10cc を加えて攪拌。全容を 40cc にメスアップし，一定時間後沪過し沪液について窒素を測定する。
80%アルコール可溶窒素	試料 5g に水約 5cc 添加し，よく混和した後，90% エチルアルコールを除々に加えて室温下攪拌しつつ全容を 50cc とする。沪過し沪液について窒素を測定する。

3. ビタミン類

区分	定量法
ビタミン A	粗脂肪定量により得たエーテル可溶物より不鹸化物を採取し，三塩化アンチモンによる比色定量を行う。
ビタミン D	東らの方法[2]による。
ビタミン B_1	チオクローム法により総 B_1 を測定
ビタミン B_2	ルミフラビン螢光法により総 B_2 を測定
ビタミン B_6	*Saccharomyces carlsbergensis* を試験菌とする bioassay により総 B_6 を測定
ナイアシン	川島ら[3]の比色定量法に準拠
パントテン酸	*Lactobacillus arabinosus* を試験菌とする bioassay
ビオチン	*Lactobacillus arabinosus* を試験菌とする bioassay
ビタミン B_{12}	*Euglena* 法

4. 無機成分

区分	定量法
カルシウム，燐，鉄	A.O.A.C. の方法に準拠
カリウム，ナトリウム	試料を灰化し，その塩酸溶液を frame photometer により定量
マグネシウム，砂，珪酸，SO_4''	農芸化学分析書の方法[4]

IV 実験結果

上記の定量方法により得られた諸種成分の分析結果を Table 1 および Table 2 に示す。

Table 2. 市販ソリユブルの窒素形態
Nitrogen distribution of commercial fish solubles.

試料番号 Sample No.	全窒素 Total N mg%	アミノ態窒素 Amino N		5% トリクロール酢酸可溶窒素 5% trichlor acetic acid soluble N		80% アルコール可溶窒素 80% alcohol soluble N	
		mg%	全窒素に対する割合 Ratio to total N %	mg%	全窒素に対する割合 Ratio to total N %	mg%	全窒素に対する割合 Ratio to total N %
1A	7,320	1,757	24	6,420	88	2,490	34
1B	7,200	1,676	23	6,310	88		
2	7,710	1,376	18	6,030	78	3,920	51
3B	5,620	1,720	31	5,000	89	2,980	53
5A	6,440	1,552	24	4,900	76	2,670	41

V 供試ソリユブル栄養成分含量についての考察

1. 一般成分——試料によつて各成分含量の差異の幅はかなり大きいが，日本科学飼料協会の推奨基準に合格する品質と認められる。

2. ビタミン類

a) ビタミンA 従来ソリユブル中のビタミンAの価値は問題とされていなかつたが，実験結果によると．Table 1 にみられる如く，ビタミンA濃度の高いものが多く，飼料として相当重視すべき量である。試料 No. 2, 3C および 5B のビタミンA濃度はそれ程高くないが，その他の試料は 271～718 IU/g という高い値を示している。試料 No. 5B のビタミンA濃度が低いのは，製造原料がカツオ煮汁であるためであり，試料 No. 2, 3C のビタミンA濃度が低いのも，原料中のビタミンA濃度が低かつたためか，あるいは製造工程中にA濃度が低下したためかであろう。

なおソリユブル中のビタミンAの安定性を検討するため，最初測定してから5カ月後に再び測定を行つてみたが含量の低下は，ほとんど認められなかつた。このことからソリユブル中のビタミンAは極めて安定なものと認められる。

b) ビタミン D 2試料についてのみ測定を行つたが，このビタミンDの量もビタミンAと同様，飼料として重視すべき量である。

c) ビタミンB類 ビタミンB類含量は試料によつて，差異がかなり大きいが，ビタミン B_1 以外のビタミンB類は，いずれの試料にもかなり濃厚に含まれ，ソリユブルが優秀なビタミンB類の給源であることを示している。

3. 無 機 質

a) カルシウムおよび燐 Ca および P 含量は魚粉[5]と比較すると，ソリユブルの方がいずれもはるかに低い値を示す。ソリユブルの Ca : P の比は表に示すように 0.034～0.143 で，Ca 含量より P 含量の方がはるかに多い。魚粉ではその比は普通1以上を示し，逆に Ca 含量の方が P 含量より多い。飼料にソリユブルを混合する場合，この点も充分考慮する必要がある。

b) カリウム ソリユブル中には試料 No. 3B, 3C の如く，特に高いK含量を示すものがある。これらについては異物混入のうたがいが持たれる。

4. 窒 素 形 態

Table 2 によれば，ソリユブル中の窒素形態は試料によつて異るが，全窒素の約8割が非蛋白態窒素で，このうちアミノ態窒素のしめる割合は約 1/3 であると判定して差支えなかろう。窒素形態の栄養的意義については明らかでないが，これが消化，吸収に関連するらしく，動物試験によつてそれらの点を明らかにしてほしいと思う。

VI フイツシユ・ソリユブル基準の合理化についての論議

日本科学飼料協会の定めた推奨基準は現在のところ妥当であると思う。ただし基準のうち揮発性塩基窒素の全窒素に対する割合は，15% 以下となつているが，測定した試料は 2.2～4.3% であつて，基準値にくらべかなり低い値を示している。普通のソリユブル製法によつて得られた製品であれば，揮発性塩基態窒素は5% 以上であることは稀であるから，この基準値は下げられてもよかろう。

ソリユブル中の脂肪は，ビタミンA，Dの残存状態からみて，酸化していない生理的に有効な脂質のように思うが，このような油が飼料として有効であることが証明されれば，ソリユブル製品に脂肪含量を明記することが望ましい。またソリユブル中のビタミンA，D含量も，飼料として重視すべき量であるから明記す

ることが望ましい。

ビタミンB類のうち，B_1，B_6 の含量は試料によつて大差があるが，その他のB群含量はそれ程大きな差はなく，いずれも相当量含まれる。したがつて表示 10 種の試料中の B_1，B_6 以外のB群含量数値のうち，最低値をそれらビタミン含量の最低値として規定すれば，飼料として有効なソリユブル品質保証の上に役立つであろう。

VII 摘 要

市販フイツシュ・ソリユブル 10 種類について，一般成分，ビタミン類，無機成分，窒素の形態などの分析を行い，それら栄養成分含量の概要を明らかにした。また日本科学飼料協会の定めた推奨基準の合理化について考察した。

終りに本研究に当り，無機成分中カリウム，ナトリウム含量の分析を願つた食糧研究所久保技官および実験に御援助下さつた本研究所菊地技官に厚く感謝する。

文 献

1) 厚生省編： 食品衛生検査指針 (I).
2) 東 秀雄等： 第 70 回脂溶性ビタミン総合研究委員会で講演，昭和 36 年 3 月.
3) 藤田秋治： ビタミン定量法，南江堂，p. 417–427.
4) 農芸化学分析書，第一編第四章，食品及び飼料分析法，朝倉書店.
5) 村山繁雄・簗瀬正明： 東海区水研報告，**27**，55 (1960).

Study on Fish Solubles — I.

Nutritive Elements of Fish Solubles Produced in Japan

Hideo Higashi, Shigeo Murayama and Masaaki Yanase

Synopsis

Although production of fish solubles for farm use has been increasing in Japan year after year, nutritive constituents of those products have wide variabilities. Because various kinds of fishes including pollack, cod, sardine, saury, tuna, cuttle fish etc. are used as either a round form or waste for processing them into fish solubles. Processing methods are also various depending on type of material and market requirement. As most of the studies conducted so far about nutritive constituents of fish solubles are limited to the contents of protein, fat and ash, the authors have examined various brands of commercial fish solubles in regard with vitamin contents and mineral compositions as well as general composition.

The results of analysis of ten samples produced in 1960 are given in Tables 1 and 2. As shown in Table 1, moisture contents of every sample are less than 50 percent, crude protein contents range from 35 to 49 percent, while crude ash contents do not exceed over 11 percent. Vitamin A contents of the fish solubles have higher levels than those of fish meal. Contents of vitamin B group are considerably high, especially pantothenic acid (15.0—49.5 γ/g) and vitamin B_{12} (16—112 γ/100 g). The amounts of calcium and phosphorus, and Ca/P in fish solubles are remarkably lower than those of fish meal.